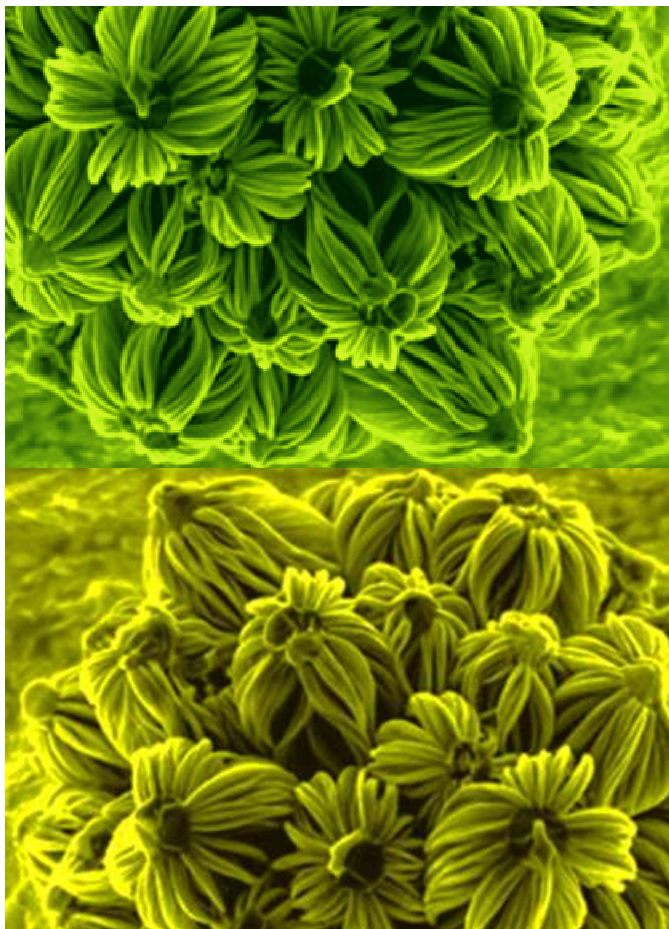


Le positionnement et les perspectives stratégiques des nanotechnologies en France

Février 2010

**Dominique Foray
Stéphane Lhuillery
Julio Raffo**



Ce rapport a été réalisé pour la Direction générale pour la Recherche et l'Innovation du Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. Les méthodes, résultats, opinions et recommandations sont de la responsabilité des auteurs et n'engagent aucunement le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.

Les commentaires éventuels seront bienvenus par les auteurs et pourront être envoyés par courriel à stephane.lhuillery@epfl.ch

RÉSUMÉ

L'infiniment petit est en passe de fonder des technologies majeures pour le vingt et unième siècle. Majeures quant à l'impact que ces technologies maîtrisées peuvent proposer dans des champs aussi variés que le médical, les matériaux ou l'information ; majeures aussi quant à la croissance potentielle que recouvrent de telles technologies diffusantes. Si la plupart des pays développés ont mis en œuvre des politiques de soutien à la recherche et à l'innovation en faveur de ces nanotechnologies, leurs décideurs ne disposent pas d'outils d'analyse à la hauteur des sommes allouées ou bien encore des enjeux sociaux ou économiques. Le présent rapport essaye de combler en partie ce déficit en analysant, à un niveau très fin les données de publications académiques et de brevets, afin de caractériser les nanosciences et les nanotechnologies en France. Le rapport étudie aussi les interactions – ou la faiblesse de ces interactions – entre nanosciences et nanotechnologies en France.

Typologie des clusters de nanosciences en France

Le premier chapitre confirme la place prépondérante de Paris, Grenoble, Lyon et Toulouse dans la nanoscience française et souligne son internationalisation. La nanoscience est historiquement spécialisée en science physique, mais laisse de plus en plus de place à la biochimie-pharmacie ou la médecine. Le poids des entreprises tend aussi à croître et représente aujourd'hui 8% des publications académiques. Ce premier chapitre souligne la grande hétérogénéité entre clusters (concentration géographique d'acteurs travaillant sur la nano). Un premier type rassemble les clusters centrés sur les organismes publics de recherche sans spécialisation nette (ex : Paris, Toulouse, Marseille), le second modèle est plus industrialisé et localisé avec des liens science-industrie prépondérants (ex. : Grenoble). À ces clusters s'ajoutent : un cluster internationalisé dans lequel les académiques co-publient avec des multinationales situées à l'étranger (ex : Strasbourg), un cluster dual au sein duquel les articles académiques côtoient les publications académiques de multinationales étrangères (ex : Nice) mais aussi des clusters historiques constitués autour de l'industrie chimique (ex : Lacq, Bernay) ou des clusters autarciques dans lesquels les publications ne sont pas faites en collaboration avec d'autres clusters (ex : Besançon).

Des liens entre nanosciences et nanotechnologies fragiles

Le second chapitre souligne que l'hétérogénéité du paysage français se retrouve en nanotechnologies. Il montre que les clusters de nanoélectroniques sont soit des clusters imbriqués, soit des clusters duaux. Dans le premier cas, l'imbrication avec la science passe par un acteur local mais fragile, tel que STMicroelectronics à Grenoble ou France-Telecom à Lannion, complété parfois par des multinationales instables (ex : IBM, Motorola, Siemens, Philips...). Dans le second cas, la capacité technologique repose des multinationales étrangères sans relation avec la science locale et dont la valorisation des connaissances au niveau national est contingente en l'absence d'une filière électronique française. Ce chapitre montre en outre que des capacités existent aussi dans les nanomatériaux, la nanobio ou les nanoinstruments. Dans les nanomatériaux par exemple, une dynamique technologique nationale s'articule autour d'entreprises françaises telles que Arkema-Atochem, Michelin ou Saint-Gobain, structurés en clusters nationaux (ex : Lacq-Pau, Compiègne, Bernay-Caen) ou internationalisés (ex. : Clermont, Saint-Fons, Avignon ou Mulhouse). En nanobiotech, les compétences technologiques françaises se retrouvent dans des clusters autocentrés, nationaux

ou internationalisés. Paris et Lyon, de par leur taille, recouvrent des liens science-industrie et des acteurs plus locaux alors que d'autres clusters vont développer des liens nombreux au niveau national (ex : le modèle bordelais) ou valoriser leurs technologies au niveau international plutôt qu'en France (ex. : le modèle strasbourgeois).

Perspectives stratégiques

Le troisième chapitre synthétise les résultats et propose une lecture stratégique selon trois dimensions : la régionalisation, la mise en réseau et la spécialisation. Le rapport souligne qu'une dynamique locale repose tout d'abord sur la présence pérenne de grandes entreprises de niveau mondial productrices de nanotechnologies, mais aussi des interactions avec des fournisseurs ou des utilisateurs locaux. Pour réussir dans des domaines aussi internationalisés et concurrentiels que ceux des nanotechnologies l'excellence des équipes académiques ou industrielles dépend elle-même de l'attractivité de moyens (conditions de travail, revenus, incitations), des services disponibles et de l'accessibilité des clusters. Autant de conditions initiales souvent négligées par les décideurs. Il est aussi important d'avoir conscience que les entreprises actives dans les nanotechnologies en France ont peu d'interactions locales et privilégient les coopérations nationales ou internationales.

Le développement local doit donc être reconsidéré dans une perspective de réseaux visant à multiplier les opportunités de production et de valorisation des connaissances nouvelles. Le rapport souligne la capacité de certains clusters à tisser des liens nationaux ou internationaux. Il montre cependant une domination de ces réseaux nano par les filiales 'étrangères de multinationales françaises ou par des entreprises étrangères. L'absence de liens avec les leaders mondiaux en nanotech que sont les asiatiques (Taiwan, Chine, Corée et Japon), ou encore le peu d'ouverture des plus grands clusters français (Paris et Grenoble) suggèrent aussi des difficultés pour les acteurs à tisser et gérer des réseaux nano.

Enfin, la pertinence et la viabilité de la stratégie française orientée vers la nanoélectronique et notamment les semi-conducteurs sont mises en doute devant les potentiels en nanomatériaux, en nanobiotechnologies et en nanoinstruments où la France possède des avantages comparatifs plus importants. Le rapport rappelle toutefois la difficulté d'une mise en adéquation des spécialisations scientifiques et des compétences technologiques nationales. Il rappelle le potentiel d'une non-spécialisation (ex: Toulouse) mais aussi ses limites notamment lorsque celle-ci est dominée par la recherche publique en l'absence de liens avec de grandes entreprises.

Recommandations

L'hétérogénéité des clusters nano français souligne les difficultés d'une politique scientifique et technologique d'ensemble. Les résultats permettent cependant d'avancer quelques recommandations stratégiques.

La nano française devrait bénéficier de deux grandes orientations.

- Réviser l'orientation vers la nanoélectronique au profit des nanomatériaux, d'une nano pharma-biotech-médical ou des nano-instruments dans lesquels la France a des avantages comparatifs plus clairs.
- Préserver la variété scientifique et technologique uniquement quand elle correspond à un intérêt stratégique clairement identifié, et basculer sinon dans une spécialisation cohérente.

Les liens science-industrie pourraient être renforcés et rendus plus efficaces.

- Abandonner des politiques scientifiques nano sans ancrage industriel clair.
- Favoriser en premier lieu les acteurs ou filières industrielles dont les performances économiques sont déjà bonnes et stables ou anticipées comme telles.
- Ne plus faire reposer la politique de valorisation des connaissances nano sur la seule création locale de start-up.
- Favoriser des multinationales étrangères qui diffusent ou valorisent leur connaissance au niveau local ou national.
- Redéfinir la politique nano en prenant en compte les fournisseurs des entreprises de nanotechnologie, ainsi que les utilisateurs de ces nouvelles connaissances.
- EPIC et EPST doivent créer (et/ou réallouer) et profiler des postes de chercheurs en prenant en compte la valorisation des connaissances nano produites.

Sur la politique de réseaux, six recommandations se dégagent.

- Fournir de l'information de manière systématique et décentralisée aux acteurs afin de les aider à mieux connaître et mieux gérer les réseaux auxquels ils appartiennent.
- Laisser alors les acteurs constituer leurs réseaux sans prétendre leur imposer ce qui est bon pour eux.
- Donner aux acteurs français des ressources pour constituer et entretenir des réseaux nationaux et mondiaux.
- Abandonner des structures et des approches régionales peu pertinentes pour la gouvernance des réseaux et structurer une politique nationale de réseau autour des grands besoins des acteurs nano.
- Au sein de l'Union Européenne, renforcer en priorité les liens avec l'Allemagne aussi bien au niveau scientifique que technologique.
- Intégrer systématiquement les acteurs nano des pays asiatiques dans les stratégies de mise en réseau aussi bien au niveau de la nanoscience que de la nanotechnologie.

Ces recommandations peuvent dans leur ensemble transformer la gouvernance du système scientifique et technologique en nanotechnologie et en améliorer les performances. Elles reposent sur des méthodes d'analyse transparentes et transposables à d'autres champs technologiques ou encore utilisées pour analyser le cas d'autres pays. Un ensemble d'annexes offre au lecteur un exposé détaillé de ces méthodes.

Page blanche

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	3
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION	9
LA NANOSCIENCE FRANCAISE : ACTEURS ET RESEAUX	15
Méthodologie pour identifier les réseaux scientifiques	19
Les acteurs de la nanoscience en France.....	27
Les réseaux de la nanoscience française	53
LA NANOTECHNOLOGIE : ACTEURS ET RESEAUX.....	71
Méthodologie pour identifier des réseaux technologiques	75
Les acteurs de la nanotechnologie française.....	79
Les réseaux de la nanotechnologie	101
ANALYSE STRATEGIQUE	113
Synthèse des résultats	113
Mise en perspectives	118
CONCLUSION.....	125
BIBLIOGRAPHIE.....	129
ANNEXES METHODOLOGIQUES	133
A1 La base Telelab	133
A2 Une méthode reproductible.....	135
A3 Les requêtes utilisées	143
A4 La robustesse des requêtes	157
A5 Cartes complémentaires de la nanoscience française	159
A6 Les brevets nano selon la nomenclature Y de l'EPO.....	169
A7 Table de passage WIPO entre codes IPC- technologie.....	171
A8 Carte de spécialisation en nanotech à partir des codes Y	173
Table des matières détaillée	179
Table des figures	181
Table des tableaux.....	183
Table des cartes.....	185
Les auteurs	187
Remerciements.....	188

Page blanche

INTRODUCTION

Les nanotechnologies peuvent être considérées comme le nouvel outil à objectif général (« general purpose tool ») qui s'apprête à révolutionner les méthodes d'invention, de recherche et de développement des produits (Darby et Zucker, 2003). À l'image des technologies à objectif général, qui se sont développées dans le passé (de l'électricité à l'ordinateur), les nanotechnologies se caractérisent par une grande complémentarité entre les inventions fondamentales et la co-invention d'applications ; ceci donnant lieu à un grand nombre d'externalités positives potentielles entre le secteur de production des nanotechnologies et les secteurs d'application (Bresnahan, 2003). Elles se caractérisent aussi par leur grande transversalité : de nombreux secteurs représentent les domaines potentiels d'utilisation. Ainsi, la production des nanotechnologies augmente la frontière d'invention de toute l'économie tandis que chaque nouvelle application dans un domaine particulier change la fonction de production du domaine considéré.

L'enjeu est d'importance pour les pays les plus avancés désireux de « faire la course en tête » et donc à développer une capacité performante d'invention et d'innovation dans ce domaine. L'histoire récente montre que les pays qui prennent la tête d'une révolution technologique pourront en retirer des bénéfices en termes de gains de productivité durant une très longue période (Foray, 2007).

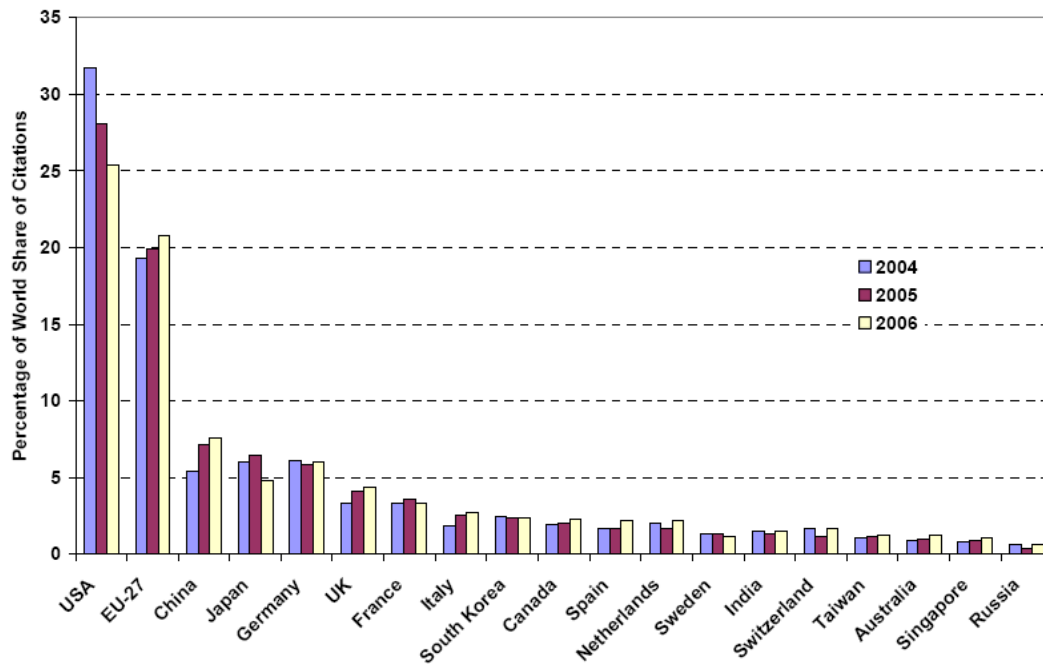
Ce rapport fait l'étude de la capacité d'invention et d'innovation France dans le domaine des nanotechnologies.

L'objectif de ce rapport est de poser un diagnostic sur la position « actuelle » de la France dans la compétition mondiale relative aux nanotechnologies et d'identifier certaines caractéristiques structurelles de sa capacité d'innovation dans ce domaine. La méthode principale mise en œuvre est fondée sur l'analyse des brevets d'invention français, relatifs aux nanotechnologies, en comparaison internationale, épaulée par une recherche sur les auteurs académiques.

La France semble bien placée, tant du point de vue de la force de ses spécialisations scientifiques (disciplines scientifiques pertinentes pour l'invention des nanotechnologies), même si elle semble posséder des faiblesses en termes de ses spécialisations industrielles (domaines potentiels d'application). Cependant, l'existence d'une nanoscience dynamique n'est pas une garantie de synergie avec le monde des entreprises. L'existence d'un système d'innovation en nanotechnologie reste donc une question ouverte.

Le discours habituel, souvent caricatural, décrit un système français ou même européen comme incapable de faire le lien entre une recherche académique de qualité et des entreprises performantes. Ainsi, les performances de la recherche française ne seraient pas à la hauteur des importants effectifs dévoués à cette activité. Le manque de moyens et d'incitations apparaît comme autant d'obstacles pour remonter dans le classement académique de Shanghai tout comme pour être capable de proposer des inventions aux entreprises industrielles ou de services. Ce constat semble toutefois pessimiste pour les nanotechnologies dans lesquelles la France occupe une bonne place compte tenu de sa taille (Voir Graphique 1).

Graphique 1 - Contributions mondiales aux citations dans douze journaux clés de la nanoscience et la nanotechnologie (%), par pays



Source : Leydesdorff, 2008. (2004-2006; mesuré en utilisant SCI-Expanded Avril 24, 2007).

Parallèlement, les firmes françaises font rarement et peu de R&D en comparaison de leurs homologues des pays technologiquement leaders (OECD, 2007) leur conférant une faible capacité d'absorption de résultats académiques potentiels (Cohen et Levinthal, 1989). Les firmes françaises de nanotechnologie, sont-elles dans ce cas, malgré l'importance et la multitude des importantes aides étatiques directes ou indirectes qu'elles peuvent recevoir (CIR, Industrie, défense, OSEO, Europe, régions, etc.)?

Les données disponibles grâce à l'enquête sur les dépenses de R&D des entreprises soulignent de manière intéressante le peu d'entreprises spécialisées en nanotechnologies ainsi que les coûts élevés des recherches dans ce domaine (Table 1). La situation de la France ici est assez floue dans la mesure où peu de comparaisons internationales sont ici disponibles. Au sein de la littérature non académique se trouve cependant des données qui souligneraient la faible industrialisation de la nanotech par rapport à l'Allemagne ou le Royaume-Uni, par exemple¹.

Au-delà, la cohérence du système suppose d'évaluer les modalités et l'efficacité des liens académie-industrie qui ici aussi sont souvent citées comme une faiblesse de la France, mais aussi de l'Europe. Les liens académie-industrie sont-ils tenus en nanotechnologie alors que la distance entre les deux types d'activités de recherche semble faible ? Quel est le rôle dans la dynamique d'industrialisation et de « servicisation » des savoirs des brevets et des stratégies d'appropriation des différents acteurs du système ? Existents-ils des acteurs ayant réussi à créer des interfaces réussies entre ces deux mondes et peuvent-ils servir d'exemples ou être leaders en nanotechnologie ? Les pôles franciliens et grenoblois sont-ils ici des exemples,

¹ Ces statistiques sont sujettes à caution. Par exemple, l'un des auteurs de ce rapport a montré que le nombre d'entreprises biotech en France est bien supérieure à celui affiché par les rapports de consultants, propulsant ainsi la France, certainement de façon exagérée, parmi les principaux acteurs de l'industrie biotech mondiale (Cf OCDE, 2009).

sont-ils les seuls ? Ces questions nous renvoient à l'analyse de la dynamique des liens académie-industrie (Powell et al., 2005) dans une France réputée, souvent à tort, pour sa faible capacité à se transformer et à s'adapter. Qu'en est-il au niveau de la nanotechnologie ?

Table 1 : Dépenses de R&D des entreprises dans trois domaines réparties par branches de recherche en 2007

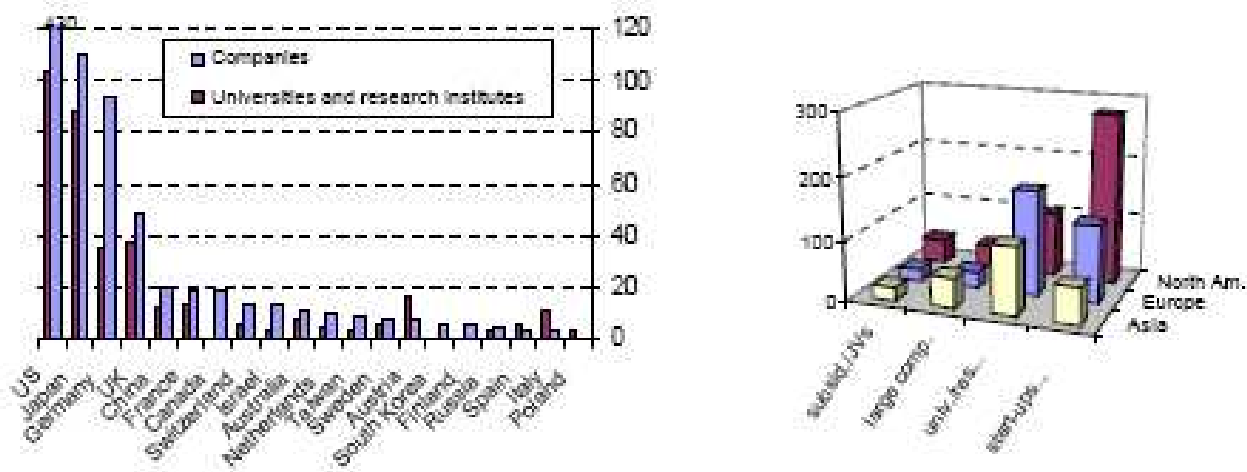
	Ensemble Des entreprises	Entreprises actives(*) dans l'un des trois domaines	Entreprises ayant une activité interne de R&D en :					
			Développement de logiciels		Nouveaux matériaux		Nanotechnologies	
			Entrep. Actives (*)	Entrep. Spécialisées(**)	Entrep. Actives (*)	Entrep. Spécialisées(**)	Entrep. Actives (*)	Entrep. Spécialisées(**)
Nombre d'entreprises	10'464	5'258	3'479	2'149	2'083	959	308	45
Effectif 2007	3'080'129	2'034'772	1'412'810	208'074	1'318'426	165'259	115'034	1'717
Moyenne	294	387	406	97	633	172	373	38
DIRD (en k€)	24'469'833	12'757'380	8'972'285	2'583'347	7'376'751	801'792	2'018'717	61'709
Moyenne	2'338	2'426	2'579	1'202	3'541	836	6'547	1'362
DIRD dans le domaine	5'906'253	5'906'253	3'781'980	2'505'900	1'662'811	774'459	461'462	60'862
Moyenne	564	1'123	1'087	1'166	798	808	1'497	1'343

Source : MESR - DGESIP/DGRI - SIES.

(*) Les entreprises actives dans un domaine de recherche sont celles qui consacrent une partie non nulle de leur DIRD à ce domaine.

(**) Les entreprises spécialisées dans un domaine de recherche sont celles qui consacrent plus de 75 % de leur DIRD à ce domaine.

Graphique 2 : Nombres d'organismes nanotech par pays (Gauche) et par type d'organisation (Droite). Nombre total 1198 (Gauche) et 1050 (Droite) respectivement. Source Scientifica, 2003.



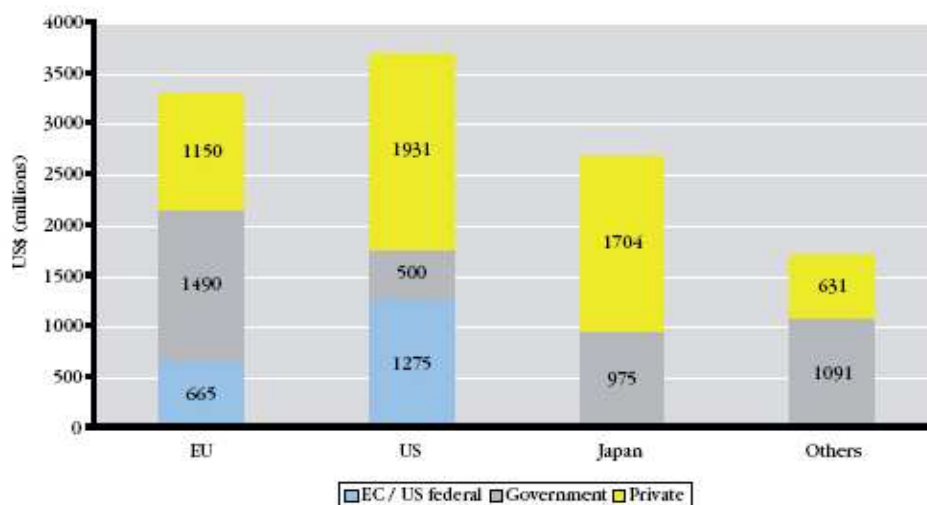
Comme de nombreux autres pays européens, la France avait manqué la révolution des technologies de l'information (au moins sur le plan des inventions). Comment faire pour que l'histoire ne se reproduise pas malgré les efforts consentis aussi bien au niveau national qu'euro-péen, académique qu'industriel (Voir Table 2 et Graphique 3) ?

Table 2: Répartition des financements publics nanotech, par type d'organisme, en 2005, en millions d'euros

Country	Public funding (1000€)
USA (Federal)	910,000
Japan	750,000
European Commission	370,000
USA (States)	333,300
Germany	293,100
France	223,900
South Korea	173,300
United Kingdom	133,000
China	83,300
Taiwan	75,900
Australia	62,000
Belgium*	60,000
Italy*	60,000
Israel	46,000
Netherlands	42,300
Canada	37,900
Ireland	33,000
Switzerland	18,500
Indonesia	16,700
Sweden	15,000
Finland	14,500
Austria	13,100
Spain	12,500
Mexico	10,000
New Zealand	9,200
Denmark	8,600
Singapore	8,400
Norway	7,000
Brazil	5,800
Thailand	4,200
India	3,800
Malaysia	3,800
Romania	3,100
South Africa	1,900
Greece*	1,200
Poland*	1,000
Lithuania	1,000
Other	2,800
Total	3,850,000

* Data are from 2003.
Source: EUROPEAN COMMISSION (2005).

Graphique 3: Répartitions des financements nanotech par type de sources.

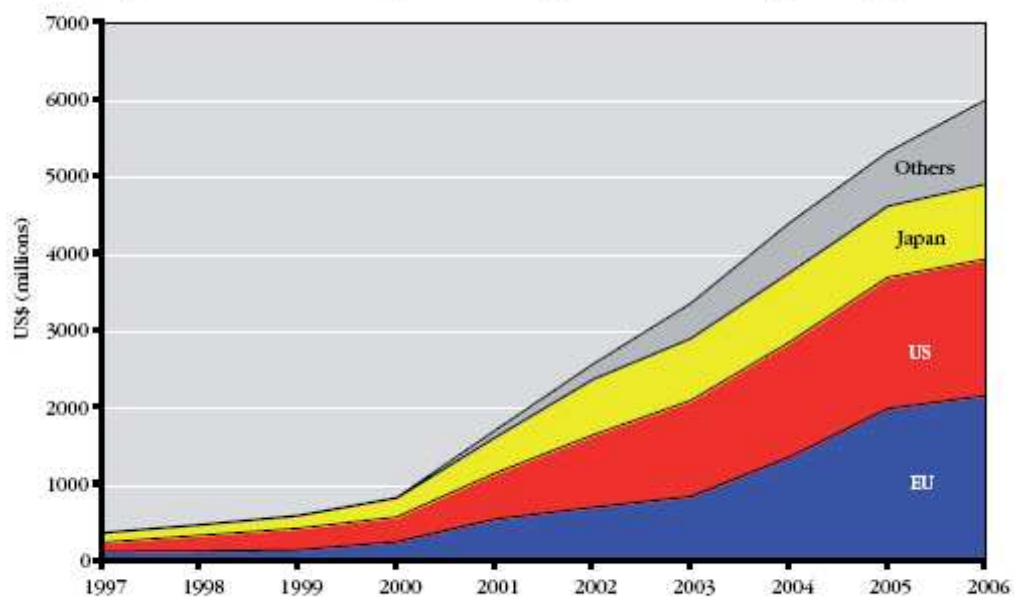


Source: DG Research
Data: European Commission and Lux Research

Key Figures 2007

Source : European Commission (2005)

Graphique 4: Evolution des financements nanotechs par type de sources.



Source: DG Research

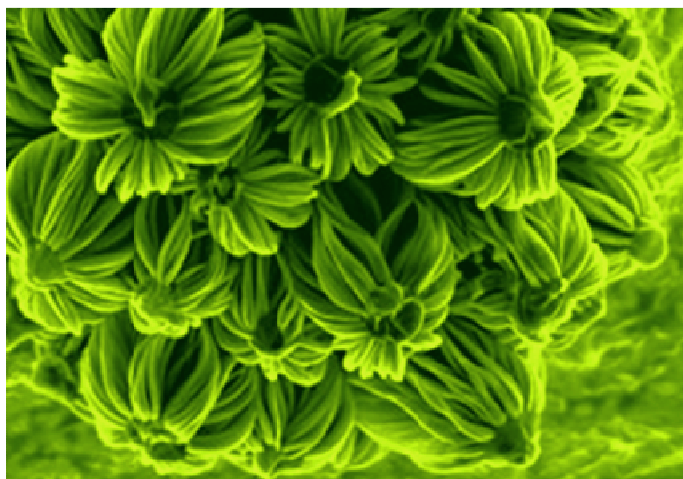
Data: European Commission and Lux Research

Key Figures 2007

Ce rapport vise à poser un diagnostic sur la position « actuelle » de la France dans la compétition mondiale relative aux nanotechnologies et d'identifier certaines caractéristiques structurelles de sa capacité d'innovation dans ce domaine. Il visera à identifier et caractériser les propriétés du système français de nanotechnologie. Il s'appuie pour cela sur la définition et la mise en œuvre d'indicateurs statistiques.

Ce rapport s'articule comme suit : la première partie est une investigation de la nanoscience française et de ses réseaux. La seconde partie est similaire, mais s'intéresse aux inventions et donc à la nanotechnologie. La troisième partie propose de synthétiser les conclusions, de les mettre en perspective pour dégager des recommandations. Une conclusion récapitule les méthodes utilisées qui se veulent génériques et peuvent être utilisées pour d'autres technologies. Elle liste aussi les principales suites à donner à ce rapport.

Page blanche



LA NANOSCIENCE FRANCAISE : ACTEURS ET RESEAUX

Page blanche

La circonscription des acteurs de la nanotechnologie basée sur une analyse des brevets ne peut se faire sans une identification préalable des composantes du système français de nanosciences. Les déposants sont en effet souvent des entreprises qui protègent des inventions menées par des inventeurs-chercheurs en poste ou issues des laboratoires publics. Les errements des politiques de propriétés intellectuelles des organismes publics de recherche (OPR) français (à partir de la création de l'ANVAR en 1968) posent un problème particulier d'identification de ces activités d'invention dans un pays où l'exécution de la recherche reste en grande partie publique.

L'identification des acteurs français de la nanoscience est en conséquence un préalable nécessaire à une analyse de la nanotechnologie. Cette identification est aussi plus délicate que pour la nanotechnologie même si elle emprunte parfois, comme nous le verrons dans la partie suivante, les mêmes solutions. De nombreux chercheurs travaillant sur la nanotechnologie se cantonnent aux auteurs recensés dans les principales revues académiques. Ce choix, pour être efficace, a pour conséquence de limiter les auteurs identifiés aux chercheurs qui sont à la frontière de la recherche en négligeant ceux publiant dans d'autres revues, ou des revues moins connues, ou sur des champs connexes au risque de négliger les acteurs qui sont en train de monter en puissance ou bien ceux qui sont en train de créer la science de demain et qui ne rentrent pas dans les champs des journaux établis. L'extension du champ d'analyse à un ensemble plus conséquent de chercheurs est donc nécessaire dans un pays comprenant des équipes aux sujets hétérogènes et aux ressources croissantes.

Nous proposons d'opérer tout d'abord une recension des méthodes et résultats d'ores et déjà disponibles. L'objectif premier sera de vérifier la pertinence des résultats disponibles pour en retenir un cadre d'analyse et de comparaisons internationales dans lesquels nous pourrions insérer nos résultats sur nanotechnologie.

L'objectif second ne sera pas de dupliquer les études précédentes axées sur l'agrégation des données, mais bien de nous inspirer des méthodes utilisées dans ces études afin d'identifier efficacement les individus, niveau qui nous intéresse ici. Bien entendu, cette recension sera aussi l'occasion d'opérer une revue des leçons apprises en termes d'agrégation et notamment d'explorer la compatibilité entre les nomenclatures de champs académiques et nomenclatures technologiques.

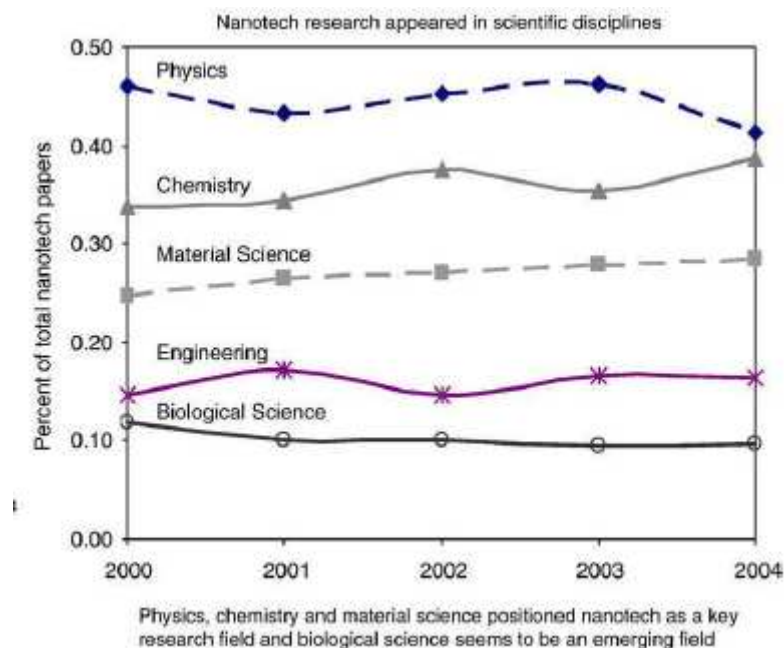
De nombreuses bases de données pourraient être mobilisées afin d'identifier les acteurs de la

nanoscience française. Même si nous allons lister ces données, force est de constater que ces données sont rarement accessibles ou difficilement accessibles pour les chercheurs. Dès lors, comme nous le verrons, nous utilisons essentiellement des données disponibles en ligne (Web of science ou Scopus) afin d'identifier les chercheurs et les laboratoires spécialisés en nanoscience Cette méthode permettra ensuite de définir et d'analyser les cercles d'acteurs nanoscience. Nous revenons pour cela sur la notion de cluster qui sera utile pour représenter les acteurs sur la carte de France.

L'identification de ces cercles d'acteurs des nanosciences devrait notamment fournir une liste intéressante des acteurs français de la nanotechnologie, leur importance, leur localisation et donc permettre à chaque fois de caractériser les imbrications avec les acteurs de la nanotechnologie.

La question de la spécialisation reste pour l'instant ouverte en raison des difficultés à affecter les articles scientifiques par champs disciplinaires (comme cela est fait in Graphique 5). Notons cependant que l'analyse des spécialisations académiques en nanoscience est ici essentielle pour pouvoir pointer les avantages comparatifs de la France par rapport aux autres pays (voir Heinze, 2004, sur ce point) et identifier les interfaces possibles avec les domaines d'invention de la nanotechnologie.

Graphique 5: La répartition disciplinaire des publications en nanosciences



Source: Islam et Miyazaki (2008).

La première section présente les problèmes méthodologiques ainsi que les réponses que nous avons choisi de donner à ceux-ci. La seconde section représente les différents acteurs de la nanoscience (0) avant de s'intéresser aux liens entre ceux-ci (0).

Méthodologie pour identifier les réseaux scientifiques

L'analyse de la nanoscience passe par l'identification des acteurs de la nanoscience mais aussi des liens qui relient ces acteurs. Différentes sources de données sont ici disponibles sans pour cela constituer une panacée : la disponibilité de ces données n'est pas en effet systématique et va dépendre des rapports de pouvoir entre organismes et notamment de la capacité du ministère de la Recherche et de l'Enseignement supérieur à faire remonter de l'information des organismes sous tutelles. La qualité de l'information est aussi un problème important puisque de nombreuses sources de données sont à vocation gestionnaire et non statistique. Plus particulièrement, l'exhaustivité des individus pose un problème critique dans une perspective d'identification systématique des acteurs de la nanoscience. Enfin, qualité et exhaustivité doivent être complétées par une richesse des informations sur les individus listés.

Les sources de données sur les acteurs

Nous présentons les sources de données qui pourraient permettre l'identification des acteurs de la nanoscience. Nous détaillons ensuite les données utilisées dans ce rapport.

Les données potentielles

Nous proposons ici de lister les sources potentielles de données permettant d'identifier les acteurs de la nanoscience française. La première source est administrative et regroupe les différents fichiers recensant les activités de recherche en France. La seconde source repose sur les données de financement issues des organismes en charge de l'exécution de la recherche française (EPICs et EPSTs français). Une troisième source est donnée par les outputs de la science à savoir en priorité par les fichiers bibliométriques.

Parmi les fichiers potentiellement disponibles, certains recensent les laboratoires ou les organismes publics en charge de l'exécution de la recherche. Des bases telles que SIREDO ou Telelab, à des niveaux différents permettent d'identifier les acteurs de la nano-science (Voir Annexe 1, page 133). À ces recensements à vocation exhaustive viennent se joindre potentiellement les fichiers des ressources humaines faisant la recherche. De tels fichiers détenus par les différents ministères (recherche, industrie, santé, environnement...) côtoient ceux des EPIC et autres EPST (CEA industrie, INSERM, Pasteur, CNRS, INRA, ONERA...). Ces fichiers ont cependant deux défauts majeurs : premièrement, ils sont confidentiels : noms et adresses privées des employés sont délicats à obtenir même dans le cadre de recherche académique. Souvent d'ailleurs les organismes sont heureux de telles entraves dans la mesure ou ces listings peuvent permettre des évaluations systématiques des chercheurs et des inventeurs. Un second aspect problématique est le caractère générique de l'information qui n'est pas disponible dans leur contexte : de tels listings sont en effet délicats à utiliser dans la mesure ou les activités des chercheurs (disciplines, sous-disciplines...) ne sont pas précisées. Il est dès lors délicat de cerner les personnels en charge de recherche en nanotechnologie ou en biotechnologie même si, *in fine*, ceux qui publient, c'est à dire produisent des outputs facilement identifiables dans les bases de données publiques, sont repérés.

Au-delà, les administrations en charge de la recherche ainsi que les EPICs ou EPSTs

financent des programmes de formation à la recherche ou des projets de recherche. Les données relatives à ces financements forment une seconde catégorie de données mobilisables pour la recherche. La liste des formations doctorales du ministère de la Recherche, la liste des masters spécialisés en nanotechnologies ou en biotechnologies constituent des informations utiles complétant les approches administratives et ressources humaines citées ci-dessus. De même, les listings des candidats et des lauréats a des financements de l'ANR, de fonds européens (UE, European Science Foundation, EUREKA...) ou même des récipiendaires de fonds régionaux (Villes, départements, régions) constituent des sources intéressantes, car souvent ciblés par champs et sous-champs disciplinaires. Ici encore, ces données sont difficilement accessibles par les chercheurs en raison du caractère sensible des conclusions qui pourraient en être tirées.

Enfin, une troisième source de données repose sur les outputs de la science qui donnent (encore) lieux à des publications de nature académiques : les publications dans des journaux, dans les livres, ou la publication d'actes de colloques, d'articles dans les journaux quotidiens ou encore dans les journaux professionnels sont autant d'outputs relativement aisés à comptabiliser, car désormais accessibles par le web. Les journaux et les informations sur leurs contenus (titre, auteur, affiliation de l'auteur, abstract) sont souvent accessibles via les éditeurs dont la concentration importante est une aubaine, ou les bases de données rassemblant ce type d'information (Pubmed, Web of Science, Scopus...). Au-delà, ces bases de données peuvent dans certains cas recenser d'autres documents (p. ex. Thèse, multimédia) ou artefacts de recherche (par exemple des molécules). L'écueil principal de ces données reste cependant la sélectivité qui les accompagne : certains journaux ne sont pas recensés, la langue anglaise est souvent sur-représentée, les outputs autres que les articles ou livres sont occultés (littérature grise, software par exemple) pouvant masquer de réelles productions de connaissance académiques. Par contre, contrairement aux deux types de sources mentionnés, ces données d'output permettent de pondérer les organismes ou encore les chercheurs en fonction du nombre de publications ou de la renommée des journaux dans lesquels les articles sont publiés.

Les données utilisées

Même si la liste des sources possibles peut sembler longue, celle des données réellement disponibles l'est beaucoup moins. Nous nous sommes heurtés, de manière attendue, à des non-réponses de la part des organismes contactés. Nous avons dès lors rapidement décidé de nous centrer sur les données bibliométriques au risque de négliger certains acteurs ou aspects de la nanoscience française.

Nous avons dans ce rapport utilisé les données disponibles à l'EPFL qui est abonné à la fois au Web of Science (WoS) et a Scopus. Ces deux bases de données collectent l'historique des publications scientifiques et techniques dans de nombreuses disciplines. Sans entrer dans les détails sur les caractéristiques de ces bases et notamment leurs défauts, nous voulons pointer la supériorité des données Scopus (Elsevier) qui nous a amenés à privilégier cette source dans de nombreux domaines : Scopus est en effet plus complet en termes de titres à partir de 1996 avec une meilleure couverture de journaux, de discipline et de citations. En outre, Scopus semble supérieur au WoS pour l'identification des affiliations des auteurs ainsi que les recherches par mots clés. Les données Scopus sont moins biaisées vers les revues Anglo-Américaines (Fingerman, 2006). Enfin, les données requêtes sur Scopus sont menées sur l'ensemble des enregistrements alors que les requêtes faites sur le WoS sont de taille

importante, mais limitée (Dess 2006). Nous reposons des lors sur les informations proposées permettant d'identifier les différents auteurs et leurs organisations. Nous reposons donc sur la qualité des données concernant les adresses fournies par les auteurs et leur institution d'appartenance. Le rôle du code postal est ici critique car il permet une localisation simple et rapide. Des codes postaux similaires existent cependant pouvant amener des imprécisions.

Au-delà, nous avons aussi utilisé le fichier de thèses contenu dans le catalogue du Système universitaire de documentation (SUDOC)². Ce catalogue propose de localiser les thèses décrites par les bibliothèques des universités françaises et autres établissements de l'enseignement supérieur et de la recherche participant au réseau du Sudoc. Ces extractions contiennent des informations relatives aux personnes physiques que ce soit le docteur ou le directeur de thèse. Pour ces deux personnes, les noms établissements sont généralement fournis permettant de localiser l'établissement dans lequel la recherche s'est normalement déroulée. Elles donnent par ailleurs des informations supplémentaires (abstracts, mots-clés) à même de fournir des éléments intéressants de caractérisation des recherches menées en France.

Encadré: Un exemple de thèse "nano" extraite du fichier SUDOC

Titre : CONTRIBUTION A LA MODELISATION NUMERIQUE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES AUX DIMENSIONS NANOMETRIQUES / SEBASTIEN LEPAUL ; SOUS LA DIRECTION DE F. BOUILLAULT

Mémoire ou thèse (version d'origine)

*Auteur(s) : LEPAUL, SEBASTIEN. Auteur
BOUILLAULT, F.. Directeur de thèse*

Date(s) : 1996

Langue(s) : français

Pays : France

Éditeur(s) : [S.l.] : [s.n.], 1996

Description : 350 P.

Num. national de thèse : 1996PA066248

*Thèse : Thèse de doctorat : SCIENCES APPLIQUEES : Paris 6 : 1996
Annexes : 189 REF.*

Résumé : CETTE THESE PORTE SUR LA SIMULATION NUMERIQUE DES COMPOSANTS ELECTRONIQUES DE DIMENSIONS NANOMETRIQUES A HETEROSTRUCTURES. L'OBJECTIF DE CE TRAVAIL EST LA MODELISATION PRECISE DE DIFFERENTS PHENOMENES PHYSIQUES INTERVENANT DANS CES DISPOSITIFS: CONFINEMENT DES PORTEURS, TRANSPORT ELECTRONIQUE, AUTO-ECHAUFFEMENT. CETTE MODELISATION EST CONDUITE AVEC LE SOUCI DE RESPECTER LES GEOMETRIES DES DISPOSITIFS REELS. SONT ETUDIEES SUCCESSIVEMENT LES METHODES NUMERIQUES DE RESOLUTION DES EQUATIONS DE SCHRODINGER-POISSON, DES EQUATIONS DE TRANSPORT DANS L'APPROXIMATION DERIVE-DIFFUSION ET DE L'EQUATION DE DISSIPATION DE LA CHALEUR COUPLEE A UN MODELE DE TRANSPORT QUASI-BIDIMENSIONNEL. POUR CHACUNE DE CES EQUATIONS DES ALGORITHMES NUMERIQUES DE RESOLUTION BASES SUR LA METHODE DES ELEMENTS FINIS NODAUX OU MIXTES ONT ETE DEVELOPPES ET COMPARES. LES RESULTATS OBTENUS POUR L'AUTO-ECHAUFFEMENT ONT ETE VALIDES AVEC UNE TRES BONNE PRECISION PAR DES MESURES EFFECTUEES EN ELECTROLUMINESCENCE. SELON LE TYPE D'EQUATION A RESOUDRE, L'UN OU L'AUTRE TYPE D'ELEMENTS PEUT ETRE RETENU. LES ELEMENTS MIXTES SEMBLANT BIEN ADAPTES A LA RESOLUTION DE SCHRODINGER-POISSON ALORS QUE LES ELEMENTS NODAUX PARAISSENT SUFFISANTS POUR LES EQUATIONS DE TRANSPORT OU DE DISSIPATION THERMIQUE. CES DIFFERENTES ETUDES OUVERTENT DES PERSPECTIVES ENCOURAGEANTES VERS LA REALISATION DE SIMULATEURS PRENANT EN COMPTE LA PHYSIQUE DE CES COMPOSANTS ELECTRONIQUES

Autre(s) titre(s) : CONTRIBUTION TO THE NUMERICAL MODELING OF NANOMETRIC ELECTRONIC COMPONENTS

*Sujets : SCIENCES APPLIQUEES : ELECTRONIQUE
ETUDE THEORIQUE/MODELISATION/SIMULATION NUMERIQUE/COMPOSANT
ELECTRONIQUE/HETEROJONCTION/NANOTECHNOLOGIE/METHODE ELEMENT FINI/EQUATION BOLTZMANN/VERIFICATION
EXPERIMENTALE/ELECTROLUMINESCENCE/EQUATION SCHRODINGER/HETEROSTRUCTURE
THEORETICAL STUDY/MODELING/NUMERICAL SIMULATION/ELECTRONIC
COMPONENT/HETEROJUNCTION/NANOTECHNOLOGY/FINITE ELEMENT METHOD/BOLTZMANN EQUATION/EXPERIMENTAL
TEST/ELECTROLUMINESCENCE*

²

<http://www.sudoc.abes.fr/>

Ce type d'information a cependant des limites : le nom du laboratoire d'accueil du thésard n'est pas systématiquement indiqué. En cela le fichier SUDOC est une source imparfaite et indirecte des organisations nanotechnologie. Imparfait, car si le thésard n'a pas publié d'articles trouvés par ailleurs (WOS ou SCOPUS) il est délicat de préciser son laboratoire. Ce souci se pose dans une moindre mesure concernant le directeur de thèse.

Enfin, lié à cette information imparfaite se pose le problème des laboratoires mixtes ou liés à des organismes importants de la recherche française et qui ne vont pas forcément apparaître comme tels dans ce fichier. Par exemple, le CNRS ou le CEA sont occultés par cette base.

L'encadré donne une idée des informations obtenues à travers ces extractions.

Table 3- Résumé des définitions pratiques du domaine de la nanoscience et de la nanotechnologie

Article	Année	Données	Nom fréquent	Libellé	Observations
<i>Méthodes Top-Down</i>					
Braun et al (1997)	1997	PS	Nanostar or Nano*	NANOSTAR	Requête Lexique Simple.
Meyer et al (2001)	2001	PS et B		MEYER	Requête Lexique.
Glanzel et al (2003)	2003	PS		GLANZEL	Requête Lexique (Similaire à MEYER).
Huang et al (2003)	2003	B		Huang	Requête Lexique (très proche à NANOSTAR).
Noyons et al (2003)	2003	PS	CWTS	CWTS	Requête Lexique.
Noyons et al (2003)	2003	B	ISI-Fraunhofer ou CREA	ISIF	Requête Lexique.
Schummer (2004)	2004	JS		NJRN	Journaux dédiés complètement à la Nanotechnologie.
Scheu et al (2006)	2006	B	Y01N	Y01N	Hybride : Requête Lexique (1ere étape) et Analyse par examinateurs experts en Nano (2eme étape).
Leydesdorff and Zhou (2007)	2007	JS		LZ	Journaux Centrales à partir du réseau des Journaux dédiés complètement à la Nanotechnologie.
Nikulainen (2007)	2007	B		BOTTOMUP	Brevets appartenant à des Firmes et labos identifiés comme Nano.
Schummer (2007)	2007	Institutions		NINST	Application de la Requête Lexique Simple sur le champ adresse.
Porter et al (2008)	2008	PS et B	CREA	PYSS	Requête Lexique.
Islam et Miyazaki (2008)	2008	PS			Requête Lexique (pas complètement détaillée).
Zucker et Darby (2005)	2005	PS et B			Requête Lexique avec 475 termes (pas détaillés).
Nanotechnology Cross-Reference Art Collection		B	USPTO ex-post tagging	TAG	Assignment par experts.
<i>Méthodes hybrides</i>					
Zitt et Bassecoulard (2006)	2006	PS		ZB	Hybride : Requête Lexique (1ere étape) et Citations (2eme étape).
Kostoff et al (2006)	2006 (Nano)	PS	Simulated Nucleation et CAB	SNCAB	Hybride : Requête Lexique (1ere étape) et analyse des références des deux façons différentes (CAB et SN) (2eme étape).
Mougotov et Kahane (2007)	2007	PS et B		MK	Requête Lexique Modulaire (par étapes récursives).
Zucker et al (2005)	2005	PS et B			Hybride : Requête sur Nano Journaux (1ere étape) et analyse des termes lexiques (<i>Machine Learning</i>) (2eme étape).

PS=Publications Scientifiques, B=Brevets, JS=Journaux Scientifiques. Grisé : concerne les brevets.

La circonscription du champ scientifique

La disponibilité des sources de publications ne résout pas l'ensemble des problèmes posés par une analyse disciplinaire de la science. De nombreux travaux se sont ainsi intéressés aux méthodes capables de circonscrire des disciplines ou des champs de recherche qui ne transparaissent pas forcément de l'analyse des institutions ou des laboratoires de rattachement.

Table 4 – Articles qui appliquent les différentes définitions pratiques de nanoscience

Article	TYPE	Publications	Brevets	Sources
Avenel et al (2007)	PUB	ZB	ZB+TAG	WoS et USPTO
Bassecoulard et al (2007)	PUB	ZB		WoK
Bonnacorsi and Thoma (2007)	PUB	ISIF	ISIF	WoS (SCI & SSCI) et USPTO (Delphion)
Braun et al (2007)	PUB	NJRN		WoS
Darby and Zucker (2003)	DT	NANOSTAR	NANOSTAR	WoS (SCI Expanded) et USPTO
Glanzel et al (2003)	RAP	GLANZEL	ISIF	WoS (SCI Expanded), USPTO et EPO
Guan and Ma (2007)	PUB	NANOSTAR		WoS (SCI Expanded)
Heinze (2004)	PUB	CWTS	ISIF	WoS (SCI) et EPO (Derwent WPI)
Heinze and Bauer (2007)	PUB	ISIF		WoS (Expanded)
Heinze et al (2007)	PUB	ISIFCWTS		WoS (SCI)
Huang et al (2004)	PUB		Huang	USPTO
Hullmann (2006b)	PUB	IGAMI(?)	Y01N	WoS (SCI) et Brevets mondiaux (EPO)
Hullmann (2006a)	RAP	GLANZEL, IGAMI(?) et THOMSON	Y01N	WoS (SCI) et Brevets mondiaux (EPO)
Hullmann (2007)	PUB	GLANZEL	Y01N	EPO
Hullmann and Meyer (2003)	PUB	MEYER	MEYER	WoS (SCI) et EPO
Igami and Okazaki (2007)	DT		Y01N	
Kay and Shapira (2009)	PUB	PYSS	PYSS	WoS (SCI), MicroPatents (USPTO, EPO, JPO, WIPO, DPMA, IPO et INPI)
Kostoff et al (2006a)	PUB	SNCAB		WoS(SCI)
Kostoff et al (2006b)	PUB	SNCAB		WoS(SCI) & Compendex
Kostoff et al (2007a)	PUB	SNCAB		WoS(SCI & SSCI)
Kostoff et al (2007b)	PUB	SNCAB		WoS(SCI & SSCI)
Kuusi and Meyer (2007)	PUB		NANOSTAR	USPTO (Seulement sur <i>nanotube</i> *)
Larsen (2008)	PUB	NANOSTAR		WoS(SCI)
Leydesdorff (2008)	PUB	LZ	Y01N	WoS(JCR) et WIPO(PCT)
Lin and Zhang (2007)	PUB	GLANZEL		WoS (SCI Expanded)
Lucio-Arias and Leydesdorff (2007)	PUB	LZ		WoS(JCR)
Marinova and Mcaleer (2003)	PUB		NANOSTAR	USPTO
Meyer (2007)	PUB		ISIF	USPTO (GLANZEL database)
Meyer (2006a)	PUB	GLANZEL	ISIF	SCI et USPTO (GLANZEL)
NanoTrend (2008, 2009)	AUT	ISIFCWTS ?		WoS
Palmberg (2008)	PUB	ISIF	ISIF	SciSearch et INPADOC
Palmberg and Nikulainen (2006)	DT	ISIF	ISIF	SciSearch et Derwent WPI
Pouris (2007)	PUB	MEYER	MEYER	SCI, SSCI et AHCI
Stephan et al (2007)	PUB			'nano' et 'mems' dans les offres d'emploi
Wong et al (2007)	PUB		HUANG+TAG	USPTO
Youtie and Shapira (2008)	PUB	PYSS	PYSS	WoS (SCI) et USPTO. Aussi thèses doctorales (NANOSTAR), Editeurs des Journaux Nano (NJRN), star-scientists, etc.
Youtie et al (2007)	PUB		PYSS+TAG	USPTO

PUB=Article Publié, DT=Document de Travail, RAP=Rapport. Lignes grisées : concerne les brevets.

Différentes approches peuvent être ici adoptées (voir les surveys de Bozeman et al, 2007 et celui de Huang et al, 2008): par exemple, une définition Top-Down de la discipline peut être

adoptée : des experts définissent par exemple les journaux ou les mots clés les mieux à même de représenter tel ou tel champ scientifique. *A contrario*, une approche bottom-up peut procéder à une analyse des articles (titre, abstract, ou texte entier) et des citations afin de définir des clusters disciplinaires.

Dans les deux approches, une recherche lexicale est centrale : se distingue alors soit une définition des mots clés *a priori* par les experts, soit l'identification *a posteriori* de mots clés par l'analyste. In fine de nombreuses requêtes lexicales élaborées par différents auteurs au cours des dernières années. existent Le Table 3 dresse un panorama de ces différentes méthodes. Comme le montre la littérature listée dans cette Table 3, les auteurs mettent souvent en place des méthodes hybrides dans lesquelles les mots clés définis par les experts sont complétés de manière itérative par une liste de mots clés issus des documents retrouvés en première instance.

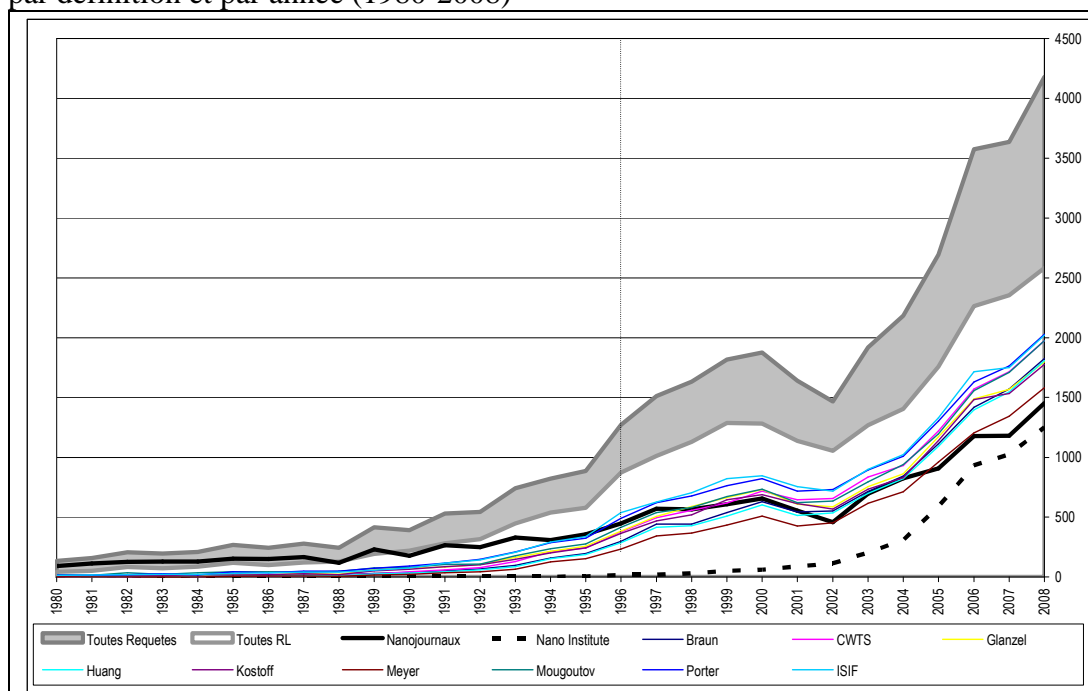
Face à cette multiplication des méthodes, un risque majeur l'obtention de résultats hétérogènes. Nous avons consacré dans ce rapport un effort important afin de caler les méthodes pour cette analyse ou des analyses futures. Comme le souligne le Table 4, les études utilisent des méthodes hétérogènes. Afin de souligner cette hétérogénéité, nous avons mis en annexe les différentes requêtes lexicales habituellement utilisées dans la littérature sur les nanosciences (Voir Annexe 2, page 143)

Le Graphique 6 et le Graphique 7 nous offrent l'opportunité de cerner l'évolution de la production des acteurs français de la nanoscience. La croissance importante était bien entendu attendue. Cette croissance peut se décomposer en deux étapes : celles des années 1990-2000 puis celle 2003-2008 marquant une croissance plus vive (une certaine re-labelisation de la recherche n'est pas ici impossible même si l'approche lexicale devrait limiter le phénomène). Une rupture existe en 2001 et 2002 dans le nombre des publications françaises qui n'existe pas au sein des autres pays.

La Table 4 soulignait aussi que les mêmes requêtes sont utilisées à la fois pour les publications scientifiques et les publications de brevets. Dans ce rapport, nous adoptons cette démarche générique en dépit du manque de démonstration quant à la pertinence de cette pratique. Afin de tester la robustesse des différentes requêtes, nous avons cependant essayé d'appliquer et de comparer l'ensemble des requêtes utilisées au sein de la littérature sur les nanosciences.

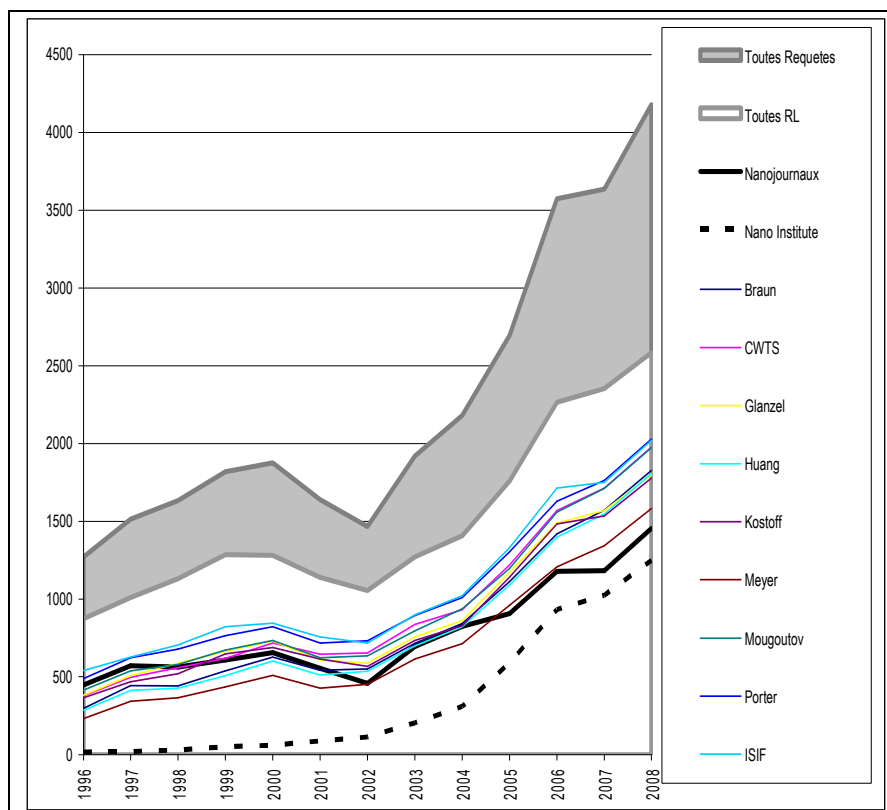
Utilisant les différentes définitions, un comptage des articles français en « nano » est opéré. Le Graphique 6 et le zoom de ceci (Graphique 7) montre une relative homogénéité dans le nombre d'articles retrouvés selon les types de requêtes : La requête la plus prolifique est ISIF ainsi que la moins prolifique Meyer. Le Graphique 6 montre aussi que les requêtes lexicales dominent la plupart du temps en nombre les comptages faits à partir des nano-journaux.

Graphique 6 - Nombres d'articles Scientifiques Français dans le domaine de la nanoscience, par définition et par année (1980-2008)



Notes : Source SCOPUS. L'aire grise représente la différence entre Toutes Requetes et Toutes Requetes Lexicales (RL).

Graphique 7 – Nombres d'articles Scientifiques Français dans le domaine de la nanoscience, par définition et par année (1980-2008)



Notes : Source SCOPUS. L'aire grise représente la différence entre Toutes Requetes et Toutes Requetes Lexicales (RL).

Table 5 - Intersection d'articles scientifiques récupérés par pair de définitions de la nanoscience utilisées (SCOPUS 1996-2009) (Fréquences)

	Braun	CWTS	Glanzel	Huang	Kostoff	Meyer	Mougoutov	Porter	ISIF	Toutes RL	Nano journaux	Nano Institute	Toutes Requêtes
Braun	11,284	10,543	9,560	10,995	8,841	9,487	10,951	11,279	9,941	11,284	1,808	1,188	11,284
CWTS	10,543	12,697	10,075	10,543	8,925	9,075	10,912	11,351	11,022	12,697	1,982	1,353	12,697
Glanzel	9,560	10,075	12,054	9,556	8,663	9,440	10,262	10,270	10,253	12,054	1,785	1,461	12,054
Huang	10,995	10,543	9,556	11,001	8,830	9,487	10,957	10,996	9,901	11,001	1,788	1,178	11,001
Kostoff	8,841	8,925	8,663	8,830	11,678	7,599	8,948	9,245	10,211	11,678	1,961	1,427	11,678
Meyer	9,487	9,075	9,440	9,487	7,599	9,487	9,487	9,484	8,547	9,487	1,574	1,016	9,487
Mougoutov	10,951	10,912	10,262	10,957	8,948	9,487	12,762	11,073	10,053	12,762	1,959	1,330	12,762
Porter	11,279	11,351	10,270	10,996	9,245	9,484	11,073	13,847	11,200	13,847	2,052	1,385	13,847
ISIF	9,941	11,022	10,253	9,901	10,211	8,547	10,053	11,200	14,128	14,128	2,147	1,602	14,128
Toutes RL	11,284	12,697	12,054	11,001	11,678	9,487	12,762	13,847	14,128	19,929	2,740	1,963	19,929
Nano journaux	1,808	1,982	1,785	1,788	1,961	1,574	1,959	2,052	2,147	2,740	10,309	670	10,309
Nano Institute	1,188	1,353	1,461	1,178	1,427	1,016	1,330	1,385	1,602	1,963	670	4,916	4,916
Toutes Requêtes	11,284	12,697	12,054	11,001	11,678	9,487	12,762	13,847	14,128	19,929	10,309	4,916	30,189

Notes : RL= Requêtes Lexicales.

Table 6 - Intersection de articles scientifiques récupérées par pair de définitions de la nanoscience utilisées (SCOPUS 1996-2009) (% de Ligne \cap Colonne / Ligne)

	Braun	CWTS	Glanzel	Huang	Kostoff	Meyer	Mougoutov	Porter	ISIF	Toutes RL	Nano journaux	Nano Institute	Toutes Requêtes
Braun	100%	83%	79%	100%	76%	100%	86%	81%	70%	57%	18%	24%	37%
CWTS	93%	100%	84%	96%	76%	96%	86%	82%	78%	64%	19%	28%	42%
Glanzel	85%	79%	100%	87%	74%	100%	80%	74%	73%	60%	17%	30%	40%
Huang	97%	83%	79%	100%	76%	100%	86%	79%	70%	55%	17%	24%	36%
Kostoff	78%	70%	72%	80%	100%	80%	70%	67%	72%	59%	19%	29%	39%
Meyer	84%	71%	78%	86%	65%	100%	74%	68%	60%	48%	15%	21%	31%
Mougoutov	97%	86%	85%	100%	77%	100%	100%	80%	71%	64%	19%	27%	42%
Porter	100%	89%	85%	100%	79%	100%	87%	100%	79%	69%	20%	28%	46%
ISIF	88%	87%	85%	90%	87%	90%	79%	81%	100%	71%	21%	33%	47%
Toutes RL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	27%	40%	66%
Nano journaux	16%	16%	15%	16%	17%	17%	15%	15%	15%	14%	100%	14%	34%
Nano Institute	11%	11%	12%	11%	12%	11%	10%	10%	11%	10%	6%	100%	16%
Toutes Requêtes	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Notes : RL= Requêtes Lexicales.

Un écart de 25% existe cependant entre les différentes requêtes lexicales. Cet écart se creuse encore lorsque les nano-journaux sont ciblés. La similitude dans les évolutions suggère un recouvrement des publications trouvées grâce aux différentes requêtes. La confrontation des résultats montre cependant que ce n'est pas forcément le cas (Table 5 et Table 6): Les articles retrouvés à la fois par la requête Kostoff et la requête Meyer, ne représentent finalement que les deux tiers des articles obtenus par la seule requête Meyer (Table 6) : il existe donc des écarts parfois importants entre les différentes sélections faites. La stratégie visant à adopter la définition la plus large i.e. l'union des articles trouvés pour chaque requête lexicale et nano-journaux, aboutit à une nanoscience regroupant quelque 30 200 articles sur la période 1996-2009, soit trois fois plus que les résultats moyens d'une requête lexicale.

À noter pour clore l'aspect méthodologique sur l'identification des acteurs que la requête *nanostar* (similaire à la requête de Braun) a été utilisée pour les thèses. Plus de 2000 thèses ont ainsi été en menant un nettoyage à la main des faux positifs.

D'autres problèmes méthodologiques ont été rencontrés lors de la caractérisation des acteurs de la nanoscience. Ces problèmes méthodologiques sont évoqués au sein même des sections suivantes.

Les acteurs de la nanoscience en France

La section présente propose non plus d'identifier les acteurs principaux de la nanoscience mais de les caractériser. Nous privilégions tout d'abord dans cette section l'approche géographique. La localisation géographique est ici approximée par le code postal. Nous commençons tout d'abord par une représentation exhaustive pour emprunter ensuite une approche par les clusters géographiques.

Une seconde approche caractérise la nanoscience française selon des spécialisations disciplinaires.

Une troisième approche repose sur une approche institutionnelle de la nanoscience : elle pose des problèmes ardu d'identification des types de producteurs de connaissance (laboratoires académiques, entreprises, associations, fondations).

La localisation des acteurs de la nanoscience française

Villes et cartographie des acteurs de la nano-science française

Nous proposons tout d'abord une approche désagrégée de la localisation des producteurs de la nanoscience. Cette approche, basée sur les codes postaux fournis dans les adresses professionnelles situées en France des auteurs de nanoscience, permet d'opérer une distinction fine des lieux de production des connaissances distinguant différents pôles académiques au sein d'une même agglomération ou département.

Nous optons en premier lieu pour une approche cartographique mieux à même de montrer la multi-villes de la nanoscience sur le territoire. Nous négligeons ici les DOM-TOM et la Corse dans la mesure où peu d'articles sont publiés par des organismes localisés au sein de ces régions.

La première Carte (Carte 1) de la France montre une domination attendue de l'Île-de-France et de la région Rhône Alpes avec Lyon mais surtout Grenoble. Trois villes du sud, Toulouse, Montpellier et Marseille montrent aussi une présence en nanosciences comparable à celle de Strasbourg ou Lille mais supérieure à des villes telles que Bordeaux ou Nice. Viennent ensuite des villes de plus petite taille donc les contributions aux nanosciences sont inférieures (par exemple Nantes, Clermont-Ferrand...).

Nous proposons de descendre au niveau des grandes régions afin de mieux caractériser la localisation des acteurs de la nanoscience. Nous adoptons ici le zonage du ministère de la recherche même si pour des questions pratiques de représentation nous divisons le grand nord-ouest en deux zones.

La Carte 2 souligne l'importante concentration des acteurs de la nanoscience en Île-de-France. Centralisée autour de Paris et sa banlieue, la production scientifique de nanoscience laisse très peu de place aux acteurs de la périphérie tels que les universités d'Orléans, Compiègne ou Rouen.

La Carte 3 précise les choses en soulignant que l'Île-de-France de la nanoscience est

multipolaire. Les deux principaux pôles d'Île de France sont Paris et Orsay-Gif suivi d'une collection d'acteurs de moindre taille situés entre ces deux sites. Ainsi, si des sites tels que Palaiseau, Marcoussis, ou Évry sont des acteurs importants au sud à même d'être intégrés par exemple au sein d'un grand campus, il en va différemment pour des centres dispersés, allant de Versailles à Créteil et qui forment une quatrième zone. Enfin, cette même carte montre quelques acteurs de moindre importance qui peuvent être pointés au nord de Paris.

En province, la Région Rhône-Alpes (Carte 4), la nanoscience montre une polarisation plus importante qu'en Île-de-France. Celle-ci est particulièrement prononcée à Grenoble où seule Crolles émerge en dehors de l'agglomération iséroise. De même à Lyon, Dardilly est le seul site significatif en dehors de l'agglomération lyonnaise qui participe à la nanoscience française.

Le Sud-Ouest (Carte 5) offre une polarisation autour de ses principales agglomérations que sont Toulouse et Bordeaux. Les autres villes, mêmes universitaires telles que Pau ou Perpignan ont un rôle dans la nanoscience beaucoup plus modeste.

On retrouve cette structure plus classique avec le grand sud-est dans la mesure où Nice-Sophia est le seul site secondaire de la région loin derrière Marseille (Carte 6).

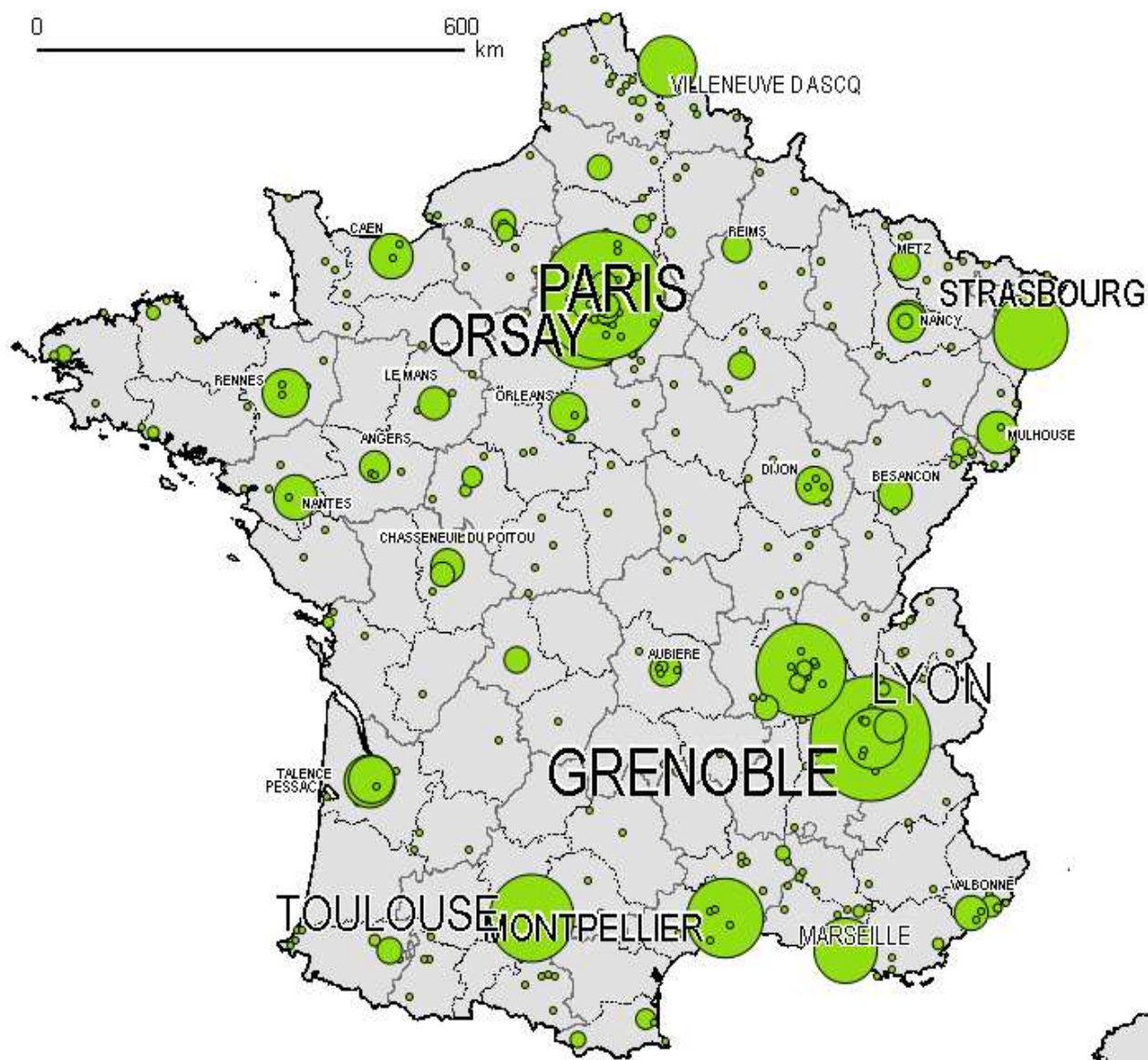
Le Nord-Nord-Ouest offre une concentration autour de Lille et Caen (Carte 7). Les autres agglomérations restent marginales et à la périphérie de l'Île-de-France.

Le cas du Grand-Est est plus original par sa dispersion (Carte 8). La domination du centre principal que constitue Strasbourg est en effet relativement faible devant la multitude d'acteurs secondaires de tailles non négligeables avec Mulhouse en Alsace, Nancy, Metz en Lorraine, Reims ou Troyes en Champagne, Dijon et Besançon en Bourgogne.

Cette structure multipolaire se retrouve à l'ouest de la France avec des acteurs de taille modeste, mais dont la densité n'est pas négligeable (Carte 9). Ainsi, l'ouest regroupe-t-il des villes telles que Rennes, Nantes, Poitiers, Angers, Tours et Orléans qui sont autant de villes universitaires qui par nature participent à la production scientifique dans le domaine.

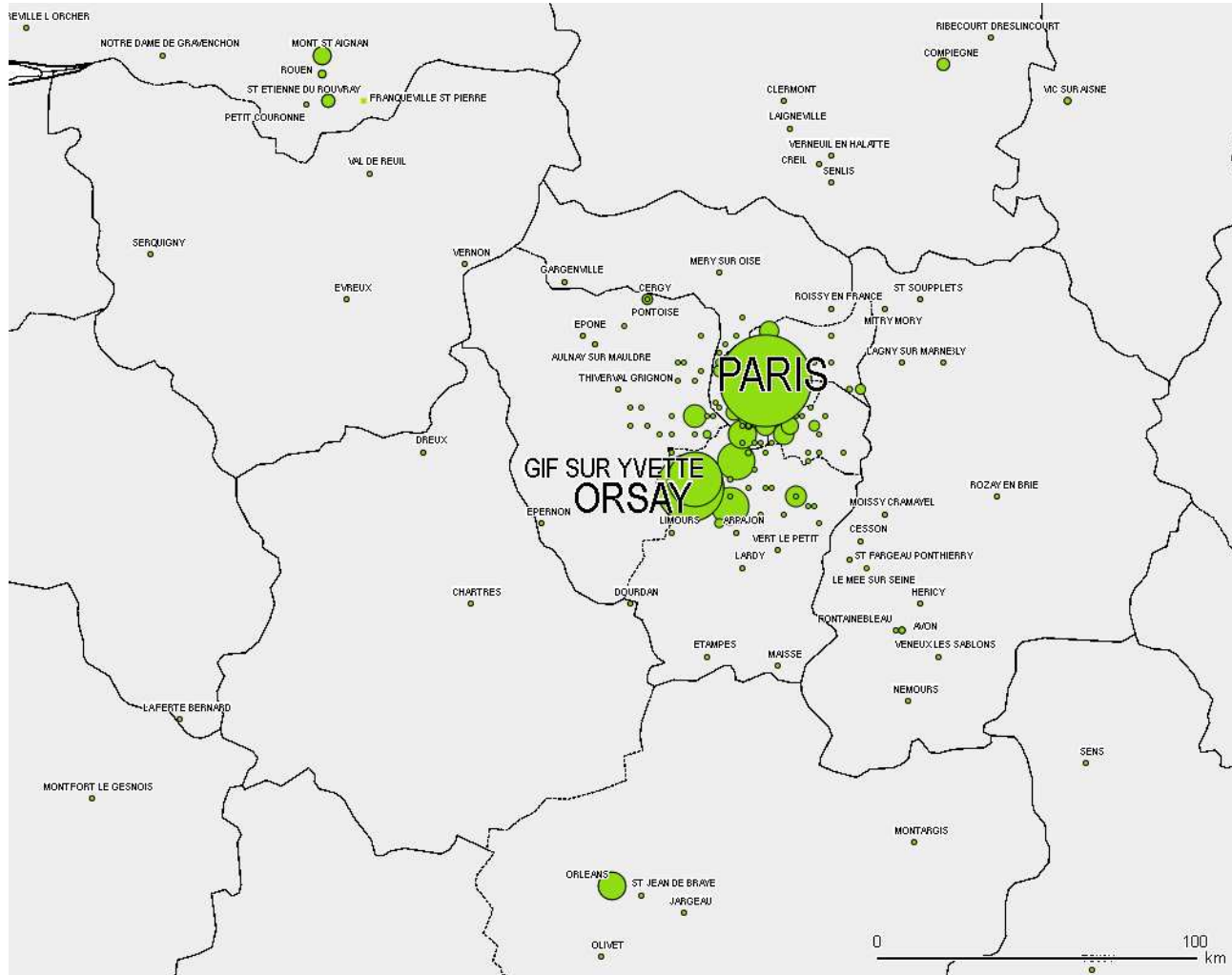
Enfin, citons Clermont-Ferrand qui ne se situe sur aucune des cartes détaillées proposées, mais qui n'en constitue pas moins le seul pôle important du centre de la France.

Carte 1 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes confondues



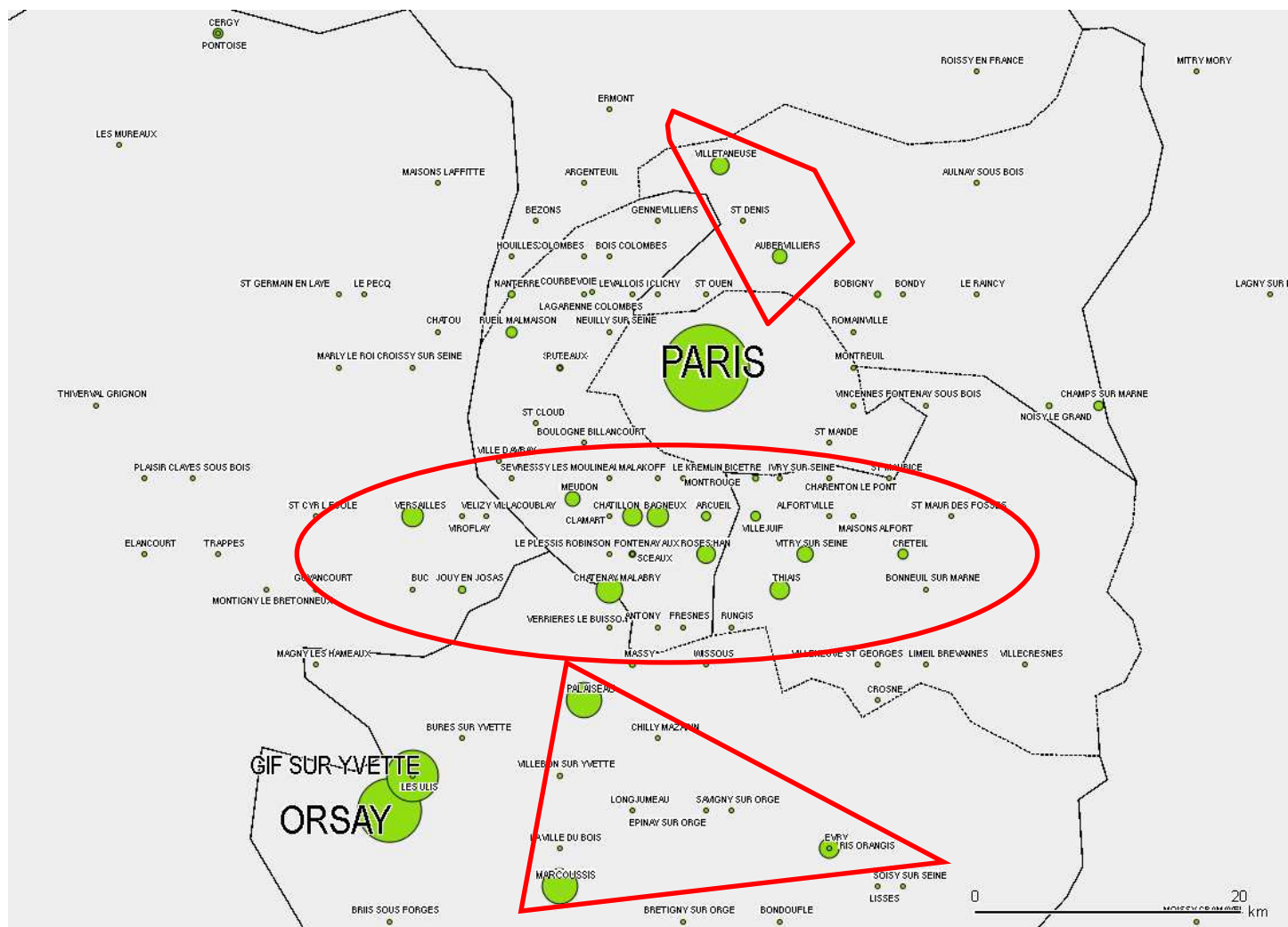
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville..

Carte 2- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la Province proche parisienne, toutes les requêtes confondues



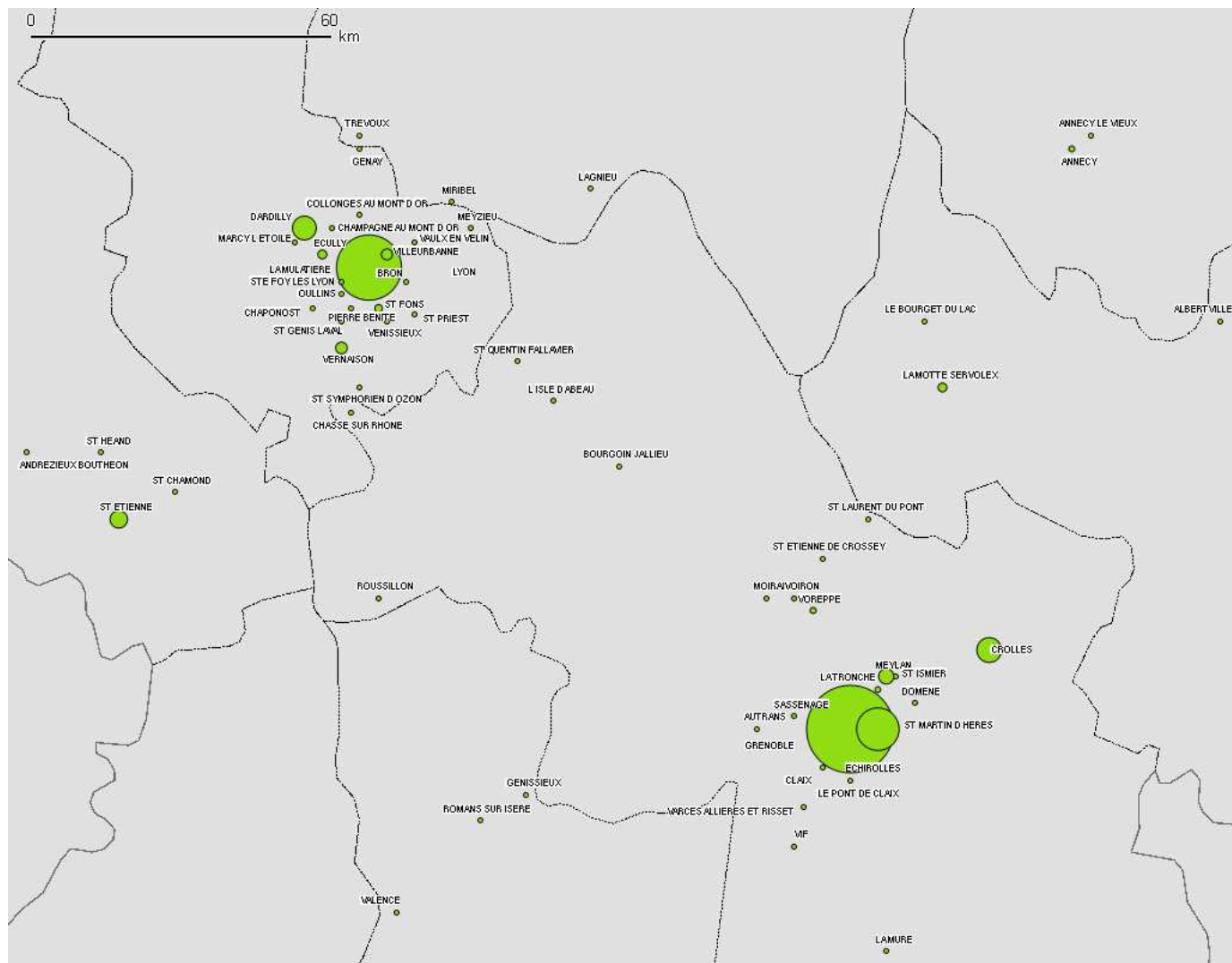
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 3- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Île-de-France, toutes les requêtes confondues



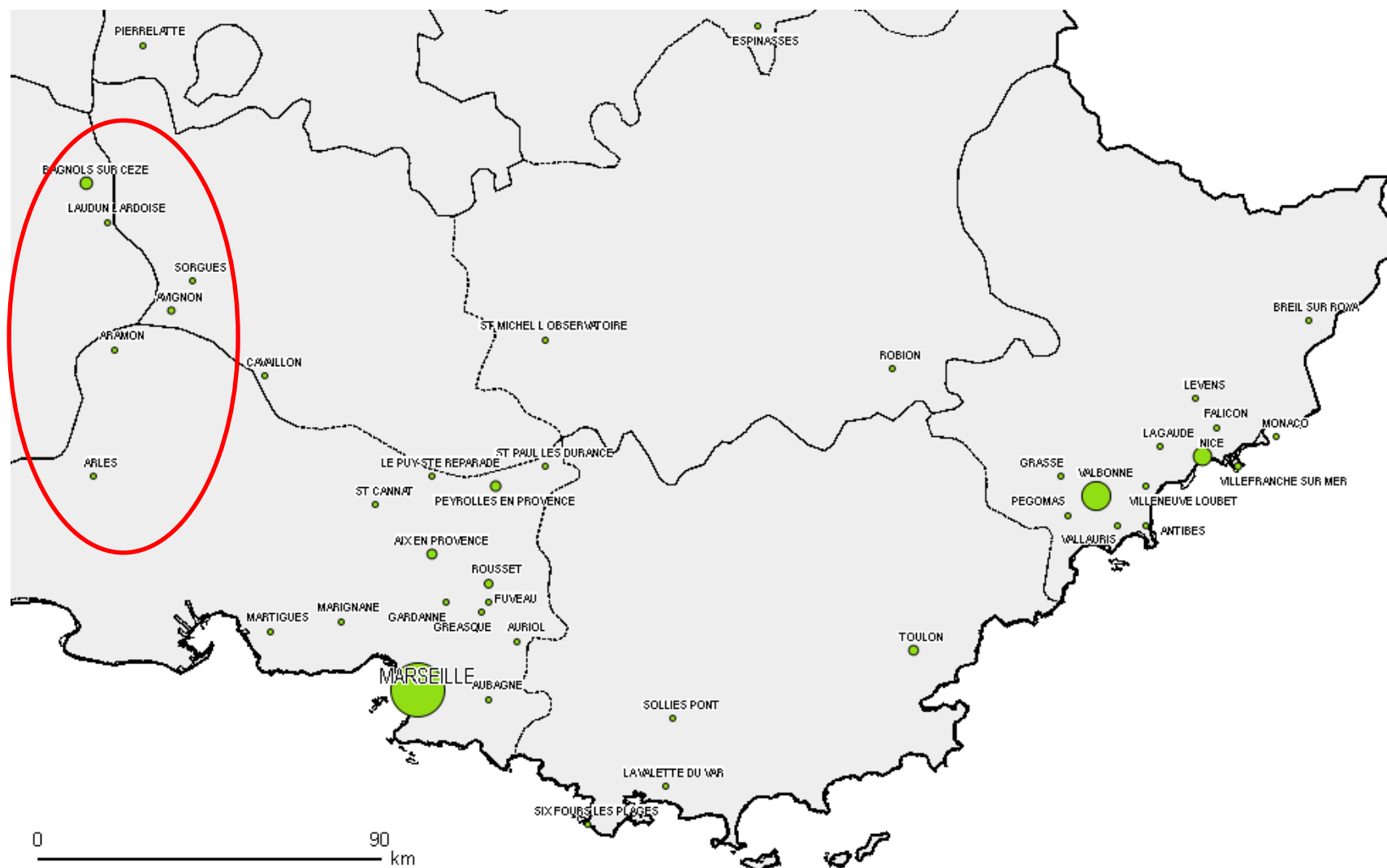
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 4- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, toutes les requêtes confondues



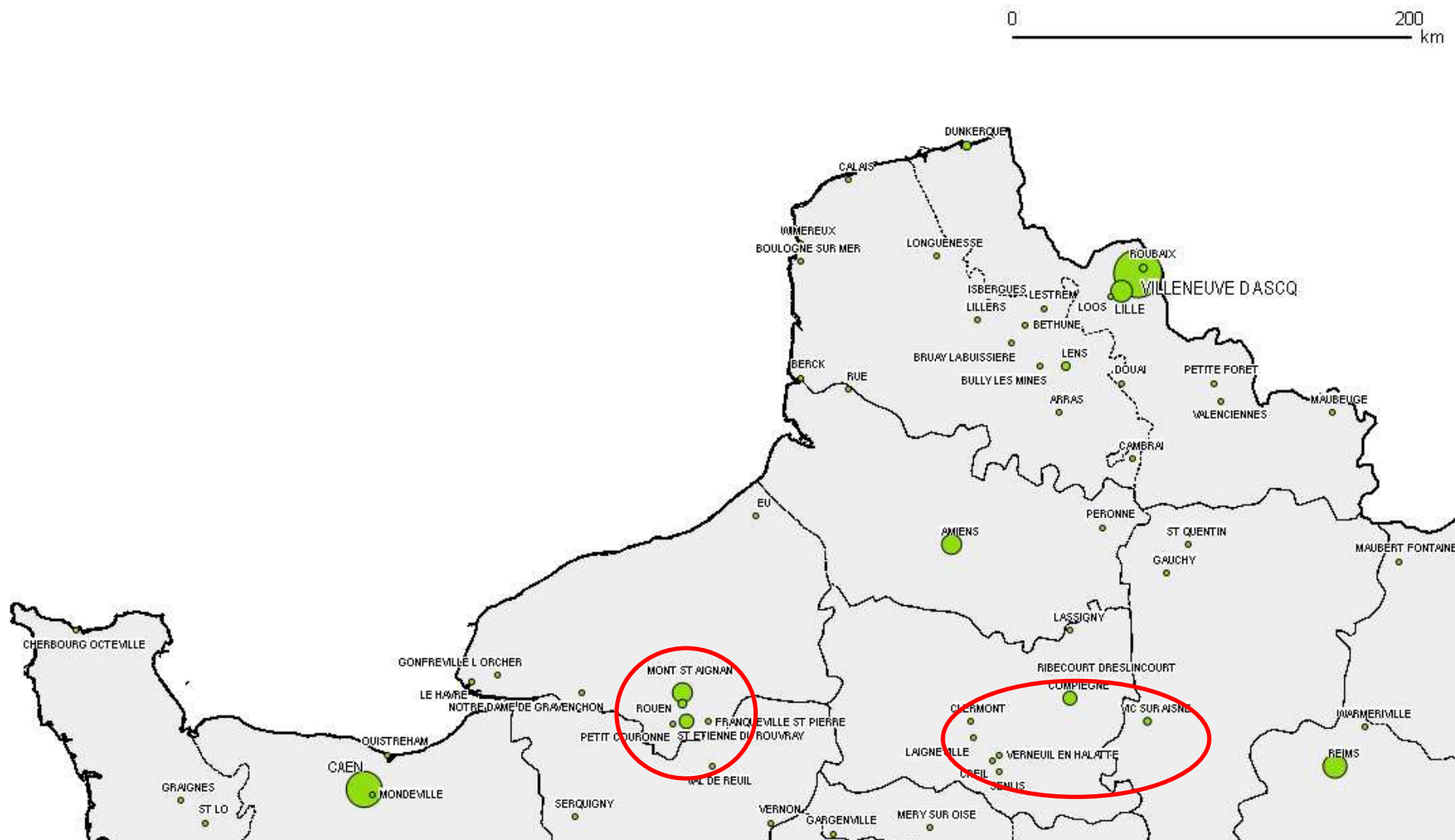
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 6- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, toutes les requêtes confondues



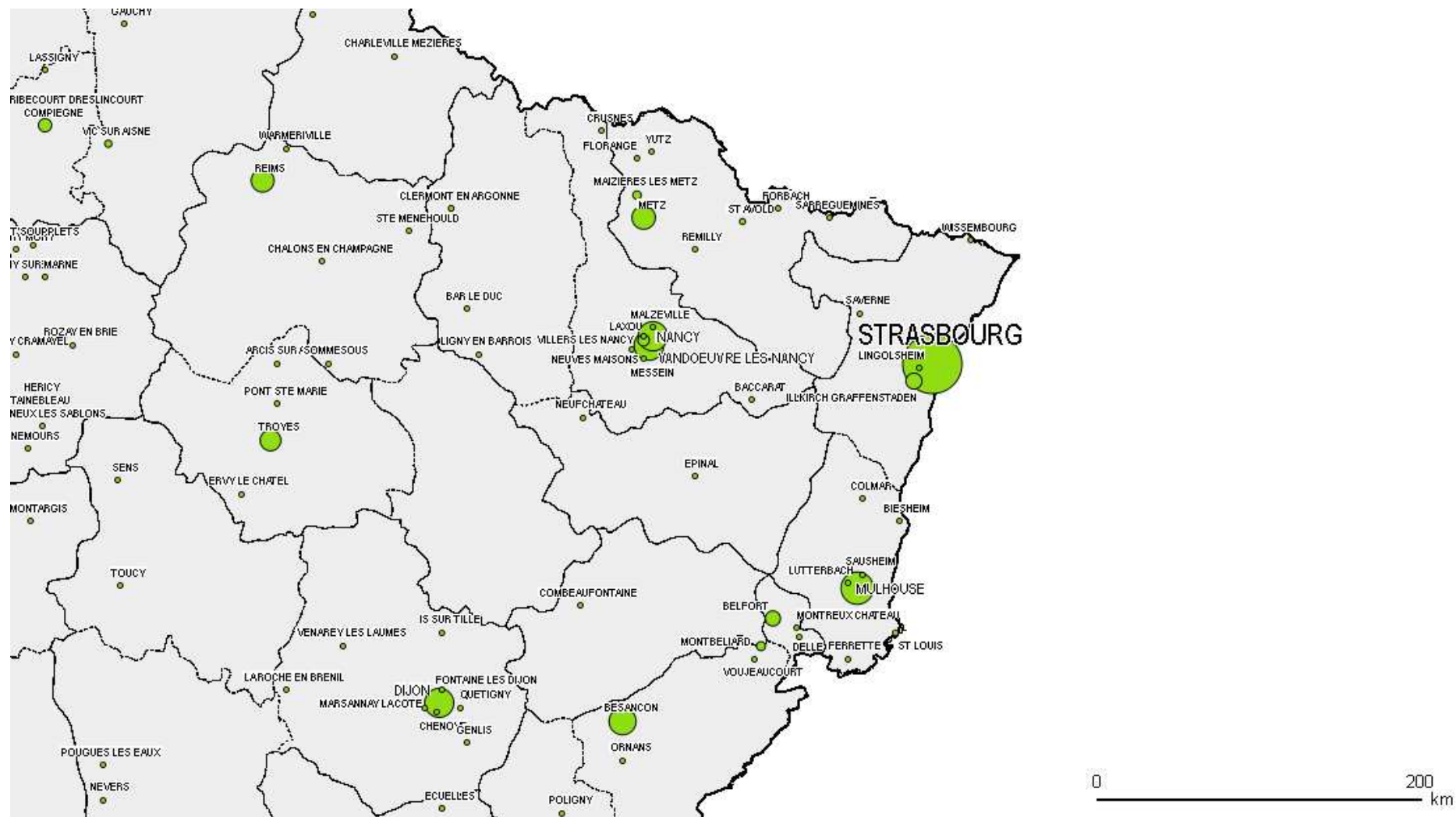
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 7- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, toutes les requêtes confondues



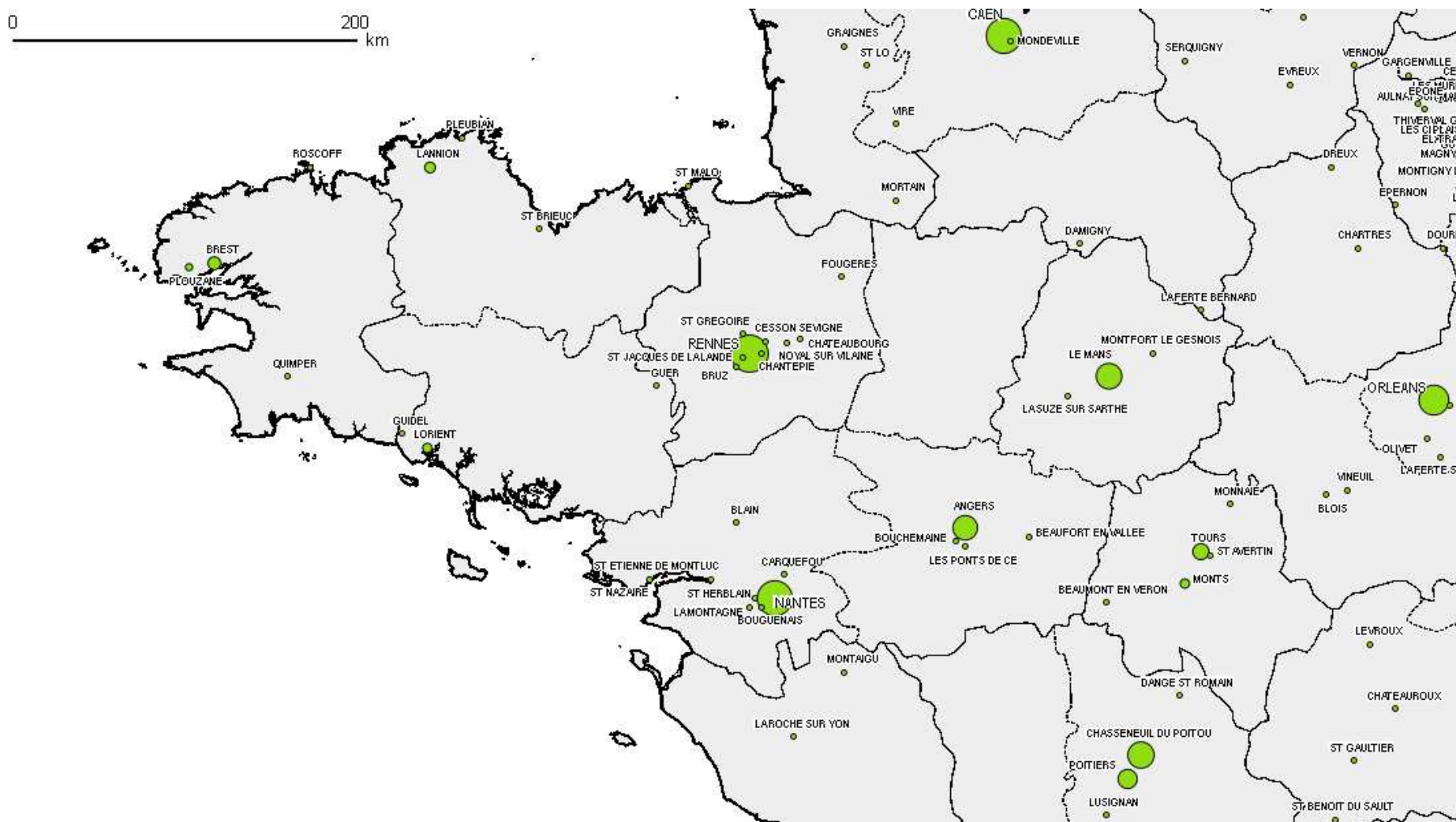
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 8- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, toutes les requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 9- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, toutes les requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Les clusters géographiques de la nanoscience française

La dispersion géographique est un résultat de l'analyse. Elle peut constituer par exemple la base d'une politique régionale en matière de nanoscience. Toutefois, cette dispersion spatiale est aussi un obstacle à l'analyse lorsqu'elle empêche de caractériser les acteurs de façon plus approfondie. Ainsi la dispersion constatée en Île-de-France ne permet pas de caractériser plus avant ce pôle majeur de la nanoscience française. Suivant une approche géographique des clusters, nous proposons de regrouper les acteurs proches géographiquement les uns des autres. Nous empruntons ici la définition utilisée par Laredo et al., (2009) qui définit un cluster comme l'ensemble des acteurs se trouvant à moins de 50 kilomètres les uns des autres, pour délimiter 22 clusters géographiques de la nanoscience³.

Table 7 - Importance des clusters géographiques de la nanoscience, par période.

Clusters	1991-1996		1997-2002		2003-2008		Total* 1991-2008		91-96/97-02		97-02/03-08	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Var Q	Var %	Var Q	Var %
Total	4795	100%	9945	100%	18184	100%	32924	100%	107%		83%	
Paris	1944	40.5%	3566	35.9%	6465	35.6%	11975	36.4%	83%	-12%	81%	-1%
Grenoble	703	14.7%	1637	16.5%	3240	17.8%	5580	16.9%	133%	12%	98%	8%
Lyon	387	8.1%	858	8.6%	1718	9.4%	2963	9.0%	122%	7%	100%	10%
Toulouse	341	7.1%	656	6.6%	1297	7.1%	2294	7.0%	92%	-7%	98%	8%
Montpellier	202	4.2%	541	5.4%	1100	6.0%	1843	5.6%	168%	29%	103%	11%
Strasbourg	296	6.2%	574	5.8%	991	5.4%	1861	5.7%	94%	-7%	73%	-6%
Bordeaux	203	4.2%	431	4.3%	847	4.7%	1481	4.5%	112%	2%	97%	7%
Marseille	122	2.5%	308	3.1%	833	4.6%	1263	3.8%	152%	22%	170%	48%
Lille	132	2.8%	285	2.9%	826	4.5%	1243	3.8%	116%	4%	190%	59%
Nancy	174	3.6%	292	2.9%	449	2.5%	915	2.8%	68%	-19%	54%	-16%
Rennes	65	1.4%	177	1.8%	417	2.3%	659	2.0%	172%	31%	136%	29%
Nantes	94	2.0%	178	1.8%	357	2.0%	629	1.9%	89%	-9%	101%	10%
Caen	59	1.2%	213	2.1%	297	1.6%	569	1.7%	261%	74%	39%	-24%
Mulhouse	72	1.5%	171	1.7%	285	1.6%	528	1.6%	138%	15%	67%	-9%
Poitiers	64	1.3%	160	1.6%	268	1.5%	492	1.5%	150%	21%	68%	-8%
Orléans	66	1.4%	109	1.1%	258	1.4%	433	1.3%	65%	-20%	137%	29%
Dijon	45	0.9%	145	1.5%	220	1.2%	410	1.2%	222%	55%	52%	-17%
Besançon	48	1.0%	92	0.9%	219	1.2%	359	1.1%	92%	-8%	138%	30%
Valbonne	52	1.1%	229	2.3%	218	1.2%	499	1.5%	340%	112%	-5%	-48%
Aubière	41	0.9%	103	1.0%	197	1.1%	341	1.0%	151%	21%	91%	5%
Angers	25	0.5%	62	0.6%	188	1.0%	275	0.8%	148%	20%	203%	66%
Le Mans	19	0.4%	116	1.2%	163	0.9%	298	0.9%	511%	194%	41%	-23%
Hors Clusters	418	8.7%	1020	10.3%	2028	11.2%	3466	10.5%	144%	18%	99%	9%

Note: La somme peut ne pas correspondre aux totaux géographiques en raison de la double affiliation de certains articles.

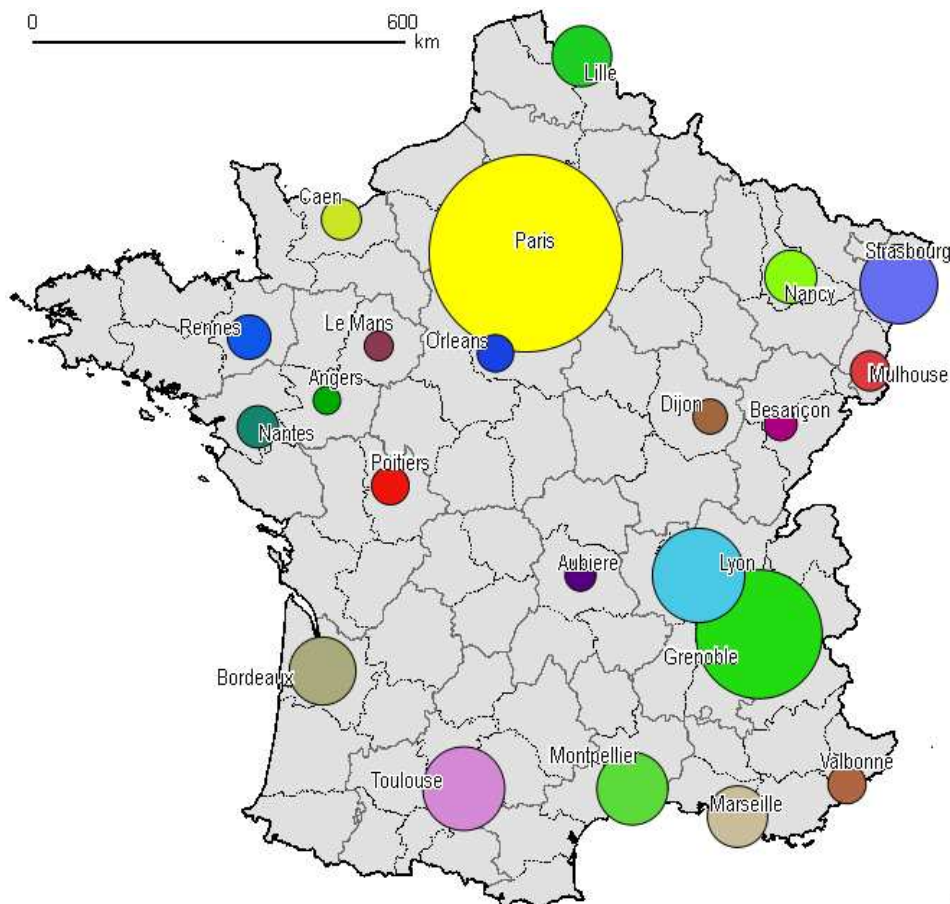
À noter que notre mise en œuvre de cette définition applique une vision centre périphérie : un cluster ne sera pris en compte que si l'une des villes de ce cluster dépasse le seuil fixé. Ainsi, une grande dispersion entre sites peut de temps en temps faire disparaître des sites de production de connaissance alors que ceux-ci, une fois agrégés représentent des contributions significatives à la nanoscience. Nous avons conservé cette définition pratique dans la mesure où seulement quelques endroits ont été négligés. Par exemple, la ville de Tours, ou les lieux de production situés dans sa banlieue n'atteignent pas le seuil minimal des 300 articles mis en œuvre dans notre analyse des clusters. Dès lors, même si la somme des villes de Touraine dépasse ces 300 articles, la zone de Tours n'est pas considérée comme un cluster dans notre analyse. La même lacune

³ Notre définition du cluster est donc simplement une concentration géographique d'acteurs dans une technologie particulière. Elle ne présuppose pas des liens entre ces acteurs ou un niveau technologique particulier.

concerne la ville de Limoges.

La Table 7 souligne l'importante concentration de la nanoscience en France. À l'instar d'autres disciplines, l'hégémonie de l'Île-de-France se retrouve, en nanosciences avec plus du tiers des articles publiés entre 1991 et 2008. Plus de la moitié des contributions sont faites soit par des Franciliens soit par des Grenoblois. Les autres clusters étant de moindre importance.

Carte 10-Distribution géographique du nombre d'articles de nano-science, par cluster géographique



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité agrégée d'articles (toutes les requêtes confondues) des villes appartenant au cluster, sans duplication. Les clusters sont définis à partir des villes avec plus de 300 nano-articles sur la période (toutes les requêtes confondues) qui n'appartient pas à un autre cluster et incluent toutes les villes dans un rayon de 50 km.

L'évolution des acteurs montre cependant des disparités avec la baisse du poids de l'Île-de-France au profit des régions⁴. Ainsi, comme le souligne la Table 7, le dynamisme de Grenoble, Lyon, Montpellier ou Marseille a entraîné une érosion de la domination de l'Île-de-France au profit des régions même si cette érosion s'est ralentie au cours des années 2003-2008. Sur cette période, des acteurs de tailles moyennes ou faibles tels que Marseille, Lille, Rennes, Orléans, Besançon ou Angers ont des croissances notables. *A contrario*, Nancy, Caen ou Sophia-

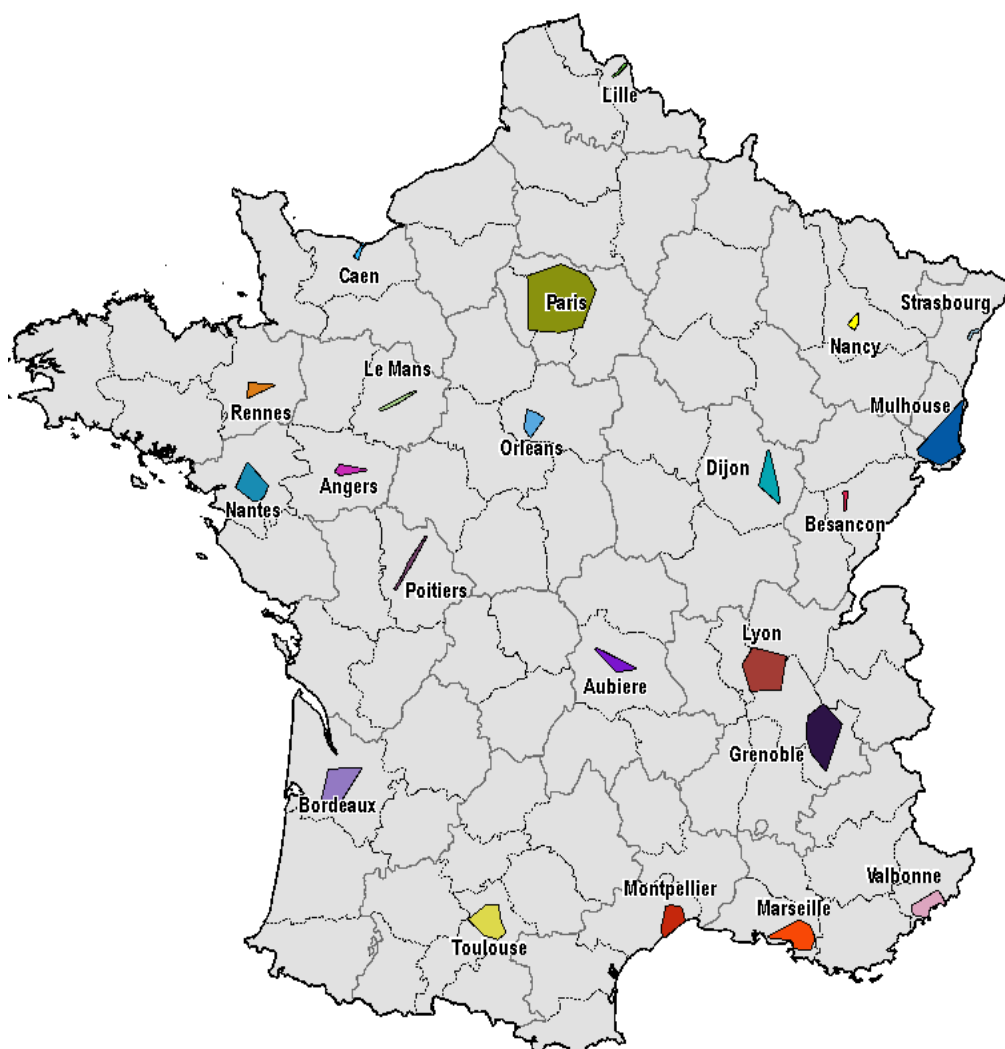
⁴ Notons que les taux de croissance peuvent être biaisés dans la mesure où une certaine relabellisation de la recherche a dû avoir lieu sur la période : l'intérêt pour les nanosciences est en effet endogène, déterminé notamment par les politiques publiques d'aides à la recherche dans ce domaine (par les ministères ou organismes sous tutelles).

Antipolis-Nice régressent dans le classement au cours de cette dernière période.

Certaines régions offrent des dynamismes relativement homogènes : Rhône-Alpes ou le sud-ouest en sont les exemples. *A contrario*, des déséquilibres existent au sein des autres régions. Le dynamisme de Nice s'essouffle au profit de celui de Marseille. Besançon progresse alors que les autres clusters de la région y compris Strasbourg régressent sur la dernière période. À part Lille, Rennes et Angers, les villes de la grande Région Nord-Ouest offrent naturellement des évolutions beaucoup plus chaotiques en termes de publications.

À noter que les publications hors clusters progressent sur l'ensemble des périodes soulignant la diffusion historique de la thématique nanoscience au sein du territoire.

Graphique 8- La surface des clusters géographiques de la nanoscience d'après les adresses des articles appartenants au cluster.



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des polygones représente approximativement la surface des Clusters de la nanoscience. Nanocluster défini comme les villes avec plus de 300 nano-articles dans la période et toutes les villes dans un rayon de 50 km. Les surfaces ont été générées de façon que chaque ville dans un cluster puisse se connecter à une autre avec une ligne droite, sauf si la géographie l'en empêche (p. ex. Marseille).

Enfin, la concentration géographique des 22 clusters identifiés peut varier sensiblement. La carte qui délimite les différents acteurs situés à moins de 50 kilomètres du centre du cluster montre une hétérogénéité des situations : de nombreux clusters sont très concentrés géographiquement. Strasbourg, Lille, Caen, Rennes ou Besançon par exemple tranchent avec des clusters plus dispersés au regard de leur taille tels que Mulhouse, Dijon ou Nantes.

La

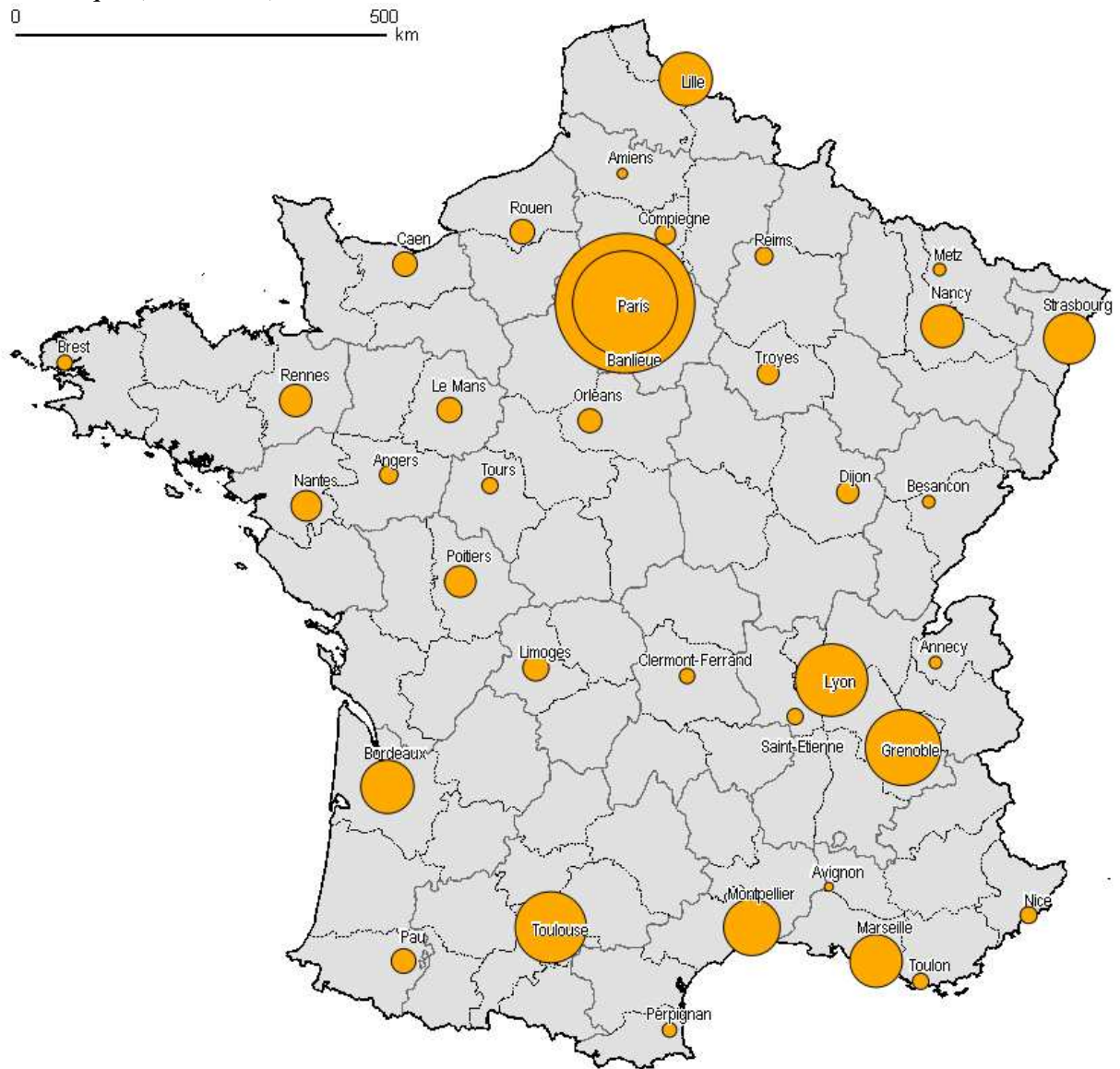
Table 8, retrace le nombre de publications pour les villes des trois principaux clusters français qui appartiennent au Top 50 des villes de la nanoscience : Paris, Lyon et Grenoble. Ces villes sont listées par ordre d'importance au sein de leur cluster. Les clusters étant eux-mêmes ordonnés en fonction de leur importance (voir tableau précédent). Si les villes de Paris et de Grenoble occupent bien les premières places au sein de la nanoscience française et préservent leur position au cours du temps, certaines évolutions intraclusters sont plus marquées. Ainsi, la montée en puissance au cours des années 90 de centres tels que Versailles, Cachan, Villetaneuse ou Châtillon au sein du cluster Île-de-France, contraste avec le déclin de villes comme Bagneux, Châtenay-Malabry, Meudon ou Thiais. À noter un déclin d'Orsay plus important que celui de Paris sur la même période. En Isère, la montée en puissance est due principalement à Villard-Bonnot et dans une moindre mesure à Grenoble. Crolles n'émerge pas au sein du tableau, car ne représentent que 71 publications sur la période considérée. Crolles n'appartient pas à cette liste des Top 50 villes de nanoscience.

Table 8 – Répartitions des articles scientifiques en nanosciences des villes du Top 50 pour les trois principaux clusters, par période, toutes requêtes confondues.

Clusters	Villes	Rk	1991-1996		1997-2002		2003-2008		Total 1991-2008		91-96/97-02		97-02/03-08	
			Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Var Q	Var %	Var Q	Var %
Paris	PARIS (75000)	1	689	14%	1328	13%	2852	16%	4869	15%	93%	-7%	115%	17%
Paris	ORSAY (91400)	3	554	12%	957	10%	1293	7%	2804	9%	73%	-17%	35%	-26%
Paris	GIF SUR YVETTE (91190)	8	263	5%	524	5%	956	5%	1743	5%	99%	-4%	82%	0%
Paris	PALAISEAU (91120)	12	96	2%	189	2%	482	3%	767	2%	97%	-5%	155%	39%
Paris	MARCOUSSIS (91460)	14	32	1%	62	1%	642	4%	736	2%	94%	-7%	935%	466%
Paris	CHATENAY MALABRY (92290)	19	90	2%	138	1%	282	2%	510	2%	53%	-26%	104%	12%
Paris	BAGNEUX (92225)	25	154	3%	217	2%	2	0%	373	1%	41%	-32%	-99%	-99%
Paris	VERSAILLES (78000)	34	9	0%	113	1%	147	1%	269	1%	1156%	505%	30%	-29%
Paris	THIAIS (94320)	37	46	1%	77	1%	125	1%	248	1%	67%	-19%	62%	-11%
Paris	EVRY (91000)	38	24	1%	48	0%	163	1%	235	1%	100%	-4%	240%	86%
Paris	MEUDON (92190)	40	106	2%	58	1%	54	0%	218	1%	-45%	-74%	-7%	-49%
Paris	CACHAN (94230)	41	12	0%	63	1%	127	1%	202	1%	425%	153%	102%	10%
Paris	VILLETANEUSE (93430)	46	13	0%	61	1%	116	1%	190	1%	369%	126%	90%	4%
Paris	CHATILLON (92322)	49	22	0%	70	1%	86	0%	178	1%	218%	53%	23%	-33%
Grenoble	GRENOBLE (38000)	2	481	10%	1277	13%	2752	15%	4510	14%	165%	28%	116%	18%
Grenoble	ST MARTIN D HERES (38400)	10	182	4%	380	4%	538	3%	1100	3%	109%	1%	42%	-23%
Grenoble	CROLLES (38920)	27	9	0%	78	1%	249	1%	336	1%	767%	318%	219%	75%
Grenoble	MEYLAN (38240)	45	79	2%	94	1%	18	0%	191	1%	19%	-43%	-81%	-90%
Lyon	LYON (69001)	4	326	7%	702	7%	1465	8%	2493	8%	115%	4%	109%	14%
Lyon	DARDILLY (69131)	28	45	1%	104	1%	182	1%	331	1%	131%	11%	75%	-4%
France			4'795	100%	9'945	100%	18'184	100%	32'924	100%	107%		83%	

La somme peut ne pas correspondre aux totaux dû à la double affiliation de certains articles.

Carte 11- Distribution géographique du nombre de thèses soutenues en nanosciences, par centre académique (1991-2008).



Note : La taille des bulles mesure le nombre de thèses soutenues en nano-science soutenues entre (1991-2008). Les thèses comptabilisées sont identifiées ici avec la recherche lexicale de type Brown.

La cartographie des thèses soutenues dans les nanosciences révèle des similitudes par rapport aux volumes d'articles localement produits. Ainsi si la Carte 11 présente une hiérarchie connue des villes académiques montrant que les bourses doctorales sont attribuées proportionnellement à la recherche menée. Grenoble n'est pas aussi important que l'analyse des publications aurait pu le laisser penser. Une raison est peut-être ici la présence à Grenoble d'unités de recherche qui n'ont pas comme mission principale la formation. (par exemple IN2P3, CEA).

La spécialisation des clusters de la nanoscience française

Les requêtes ne sont pas équivalentes au regard de leur capacité à distinguer des sous-champs au sein des documents demandés et identifiés. Au sein des différentes requêtes lexicales retenues, la solution proposée par Mogoutov (Voir Annexe 2, page 143) a pour intérêt de distinguer au sein de la nanoscience 8 sous-champs : la physique, la chimie physique, la physique appliquée, la biochimie, la chimie, la chimie analytique, la science des matériaux, les macromolécules (Mogoutov et Kahane, 2007). À titre exploratoire et sans préjuger *a priori* de la pertinence de la segmentation faite, nous avons mis en œuvre cette requête générique sur les articles scientifiques. Alors, une difficulté émerge : si la segmentation en catégories est aisée pour les articles contenant les mots clés définissant les 8 sous-champs, la requête de Mogoutov est incapable de segmenter les articles correspondants à une requête de type *nanostar*. En d'autres termes, la requête de Mogoutov n'est pas à même de fournir un classement disciplinaire de la littérature de nanoscience et donc de cerner les spécialisations des acteurs des nanosciences.

Au sein de ce rapport, nous avons dès lors opté pour une approche plus générale qui serait à même de contourner le problème de Mogoutov et la limite d'une approche par les mots clés. Suite à un tour d'horizon des approches disciplinaires de la science (voir les rapports de l'OST par exemple), nous avons décidé d'utiliser les disciplines fournies par SCOPUS qui permettent d'attribuer une dominante disciplinaire en fonction du journal dans lequel l'article considéré est publié. La classification proposée par SCOPUS a le mérite ici d'être exhaustive : très peu de journaux ne sont pas caractérisés par une ou des disciplines dominantes. En outre, elle s'applique pour les articles de nanoscience comme pour les autres. Au total, nos investigations montrent une nomenclature de disciplines trop détaillées pour pouvoir obtenir une vue synthétique des nanosciences. Afin de limiter le nombre de sous champs disciplinaires, nous avons décidé d'agréger certaines disciplines et d'en négliger d'autres notamment en sciences sociales. Finalement, la structure de la nanoscience peut être décrite en fonction des 14 sous disciplines suivantes : Physique et astronomie, Science des matériaux, Chimie, Science de l'ingénieur, Ingénierie chimique, biotech⁵ (Biochimie, génétique et biologie moléculaire), médecine, science de l'environnement, Science de la Terre, Science Informatique, Pharmaceutiques (Pharmacologie, toxicologie, pharmaceutique), Energie, Sciences agricoles et biologiques, mathématiques,

Une telle approche par spécialisation systématique des journaux peut sembler moins précise que celle de Mogoutov dans le sens où l'hétérogénéité des publications « nano » au sein d'un même journal peut être négligée. Toutefois, l'approche de SCOPUS limite quelque peu le problème en optant pour une classification multiple des journaux : ainsi, un même journal de la nano peut être considéré comme relevant à la fois des nanomatériaux et de la nanochimie. Un article de ce journal sera alors comptabilisé deux fois : au sein des nanomatériaux et au sein de la nanochimie.

Utilisant cette nomenclature SCOPUS, nous pouvons dès lors explorer les spécialisations de la nanoscience ainsi que les évolutions de ces spécialisations, que ce soit au niveau de la France ou au niveau de chacun des clusters.

⁵ En toute rigueur, le vocable de biotech recouvre une partie seulement des sous-disciplines concernées).

La Table 9 montre que la nanoscience française est dominée par la physique et la science des matériaux. La chimie, l'ingénierie chimique ou la biotech arrivent ensuite avec l'ingénierie. Des champs dont on peut supposer des applications importantes (Médecine, environnement, informatique) ne concernent qu'un ensemble limité de contributions académiques.

Table 9 - La répartition par disciplines des articles français de nanosciences, par période

Discipline	1991-1996		1997-2002		2003-2008		Total 1991-2008		91-96/97-02		97-02/03-08	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Var Q	Var %	Var Q	Var %
Physique et Astronomie	2395	50%	4743	48%	7180	39%	14318	43%	98%	-4.5%	51%	-17%
Sciences des Matériaux	1874	39%	4452	45%	7036	39%	13362	41%	138%	15%	58%	-14%
Chimie	1766	37%	2919	29%	6507	36%	11192	34%	65%	-20%	123%	22%
Ingénierie	1188	25%	2696	27%	5148	28%	9032	27%	127%	9.4%	91%	4.4%
Ingénierie Chimique	723	15%	1169	12%	2683	15%	4575	14%	62%	-22%	130%	26%
Biochimie, Génétique et Biologie Moléculaire	775	16%	967	10%	2097	12%	3839	12%	25%	-40%	117%	19%
Médecine	290	6.0%	606	6.1%	1891	10%	2787	8.5%	109%	0.8%	212%	71%
Sciences Environnementales	391	8.2%	701	7.0%	1043	5.7%	2135	6.5%	79%	-14%	49%	-19%
Sciences de la Terre	377	7.9%	697	7.0%	1002	5.5%	2076	6.3%	85%	-11%	44%	-21%
Sciences Informatiques	219	4.6%	224	2.3%	375	2.1%	818	2.5%	2.3%	-51%	67%	-8.4%
Pharmacologie, Toxicologie and Pharmaceutique	111	2.3%	174	1.7%	290	1.6%	575	1.7%	57%	-24%	67%	-8.8%
Energie	19	0.4%	75	0.8%	452	2.5%	546	1.7%	295%	90%	503%	230%
Sciences Agronomiques et Biologiques	56	1.2%	131	1.3%	184	1.0%	371	1.1%	134%	13%	40%	-23%
Mathématiques	22	0.5%	77	0.8%	205	1.1%	304	0.9%	250%	69%	166%	46%
Total	4795	100%	9945	100%	18184	100%	32924	100%	107%		83%	

Note: La somme peut ne pas correspondre aux totaux dus au caractère multidisciplinaire de certains articles.

Le profil disciplinaire varie en fonction des clusters comme le montre la Table 10. Des clusters tels que Strasbourg, Angers, Rennes ou Bordeaux sont ainsi plutôt spécialisés dans la chimie, la biochimie et la génétique. Les régions de Grenoble, Valbonne, Lille ou encore Besançon sont présentes en physique, astronomie et informatique. Ces clusters se différencient des acteurs de Paris ; Marseille Toulouse et Dijon sont présents essentiellement en Physique et Astronomie. Les clusters de Lyon, Montpellier, Nantes Orléans, Caen, Le Mans, Mulhouse ou Clermont étant plus présents en sciences des matériaux, même en chimie ou médecine. Des clusters comme Nancy ou Poitiers sont spécialisés dans les sciences de l'environnement, de la Terre ou des matériaux. Ici ce sont toutefois les acteurs situés en dehors des clusters qui sont surtout spécialisés dans ces domaines.

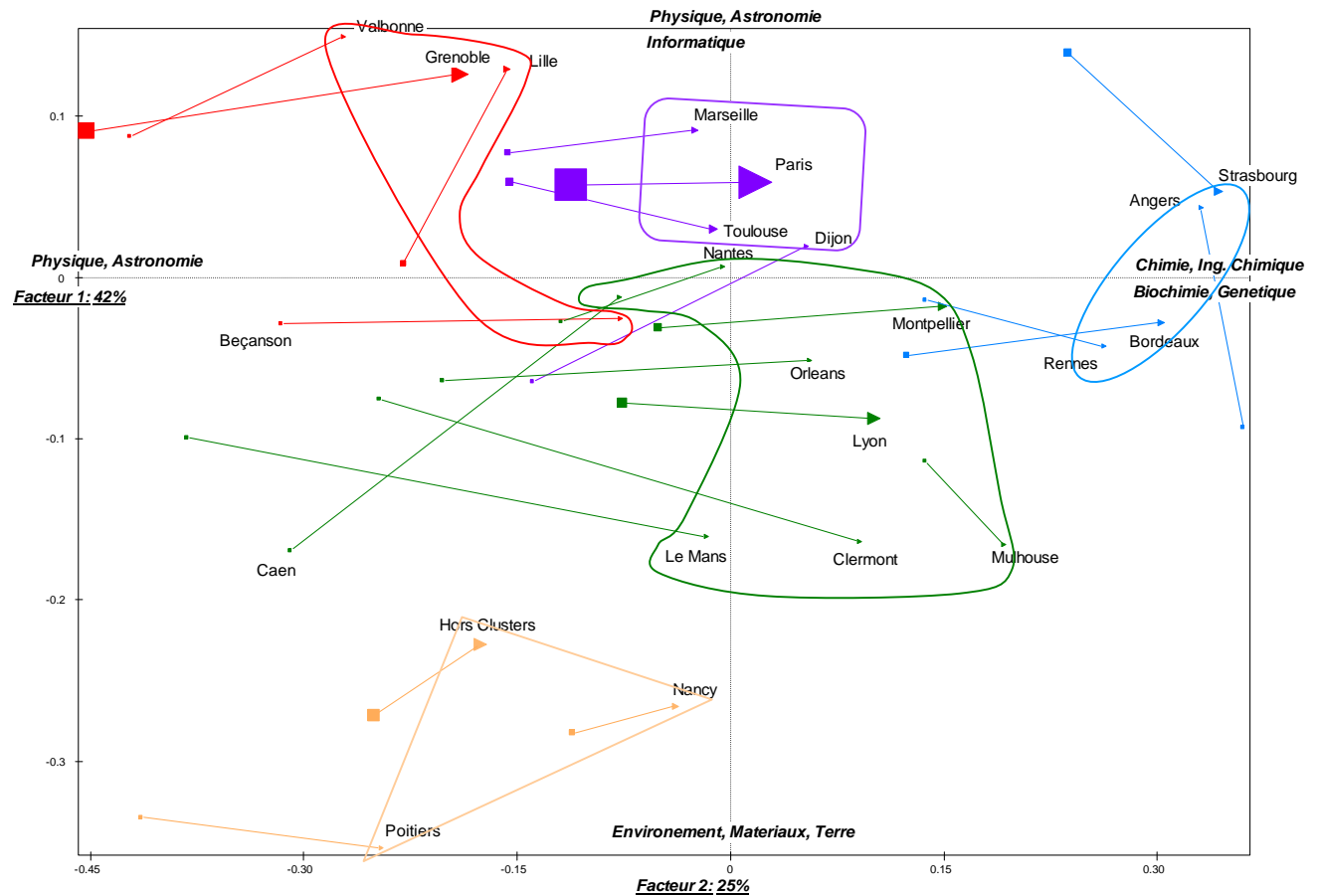
Un plan factoriel issu d'une analyse factorielle de correspondance (Graphique 9) nous permet de synthétiser le propos en marquant les principaux profils de spécialisation disciplinaire constatés sur la période 2003-2008 ainsi que leur évolution entre cette période et la période précédente (1997-2002).

Table 10 - La répartition par disciplines des articles français de nanosciences, par période et par cluster géographique (1991-2008)

Clusters	Sciences Agronomiques et Biologiques	Biochimie, Génétique et Biologie Moléculaire	Ingénierie Chimique	Chimie	Sciences Informatiques	Sciences de la Terre	Energie	Ingénierie	Sciences Environnementales	Sciences des Matériaux	Mathématiques	Médecine	Pharmacologie, Toxicologie and Pharmaceutique	Physique et Astronomie	Toutes Disciplines
France	371 1.1%	3839 11.7%	4575 13.9%	11192 34.0%	818 2.5%	2076 6.3%	546 1.7%	9032 27.4%	2135 6.5%	13362 40.6%	304 0.9%	2787 8.5%	575 1.7%	14318 43.5%	32924 100%
Angers	0 0.0%	51 18.8%	48 17.6%	142 52.2%	3 1.1%	7 2.6%	2 0.7%	61 22.4%	8 2.9%	87 32.0%	0 0.0%	37 13.6%	35 12.9%	83 30.5%	272 100%
Aubière	17 5.1%	29 8.6%	35 10.4%	136 40.5%	7 2.1%	20 6.0%	5 1.5%	123 36.6%	22 6.5%	167 49.7%	1 0.3%	78 23.2%	5 1.5%	106 31.5%	336 100%
Besançon	3 0.9%	17 4.8%	46 13.1%	107 30.4%	11 3.1%	30 8.5%	6 1.7%	105 29.8%	31 8.8%	117 33.2%	3 0.9%	35 9.9%	13 3.7%	210 59.7%	352 100%
Bordeaux	17 1.2%	196 13.3%	222 15.1%	737 50.0%	20 1.4%	51 3.5%	28 1.9%	330 22.4%	55 3.7%	609 41.3%	10 0.7%	119 8.1%	21 1.4%	428 29.1%	1473 100%
Caen	1 0.2%	19 3.3%	47 8.3%	143 25.1%	1 0.2%	20 3.5%	8 1.4%	142 25.0%	20 3.5%	337 59.2%	3 0.5%	28 4.9%	5 0.9%	239 42.0%	569 100%
Dijon	7 1.7%	57 14.0%	54 13.3%	148 36.5%	8 2.0%	25 6.2%	12 3.0%	85 20.9%	25 6.2%	156 38.4%	2 0.5%	31 7.6%	4 1.0%	181 44.6%	406 100%
Grenoble	33 0.6%	499 9.2%	548 10.1%	1332 24.5%	387 7.1%	352 6.5%	66 1.2%	1820 33.5%	360 6.6%	2396 44.1%	45 0.8%	274 5.0%	16 0.3%	2972 54.7%	5433 100%
Le Mans	0 0.0%	7 2.3%	22 7.4%	81 27.2%	1 0.3%	14 4.7%	5 1.7%	63 21.1%	14 4.7%	193 64.8%	3 1.0%	16 5.4%	3 1.0%	133 44.6%	298 100%
Lille	9 0.7%	98 8.0%	127 10.4%	363 29.6%	49 4.0%	72 5.9%	20 1.6%	463 37.7%	73 5.9%	455 37.1%	10 0.8%	101 8.2%	15 1.2%	615 50.1%	1227 100%
Lyon	13 0.4%	358 12.3%	526 18.1%	1067 36.7%	38 1.3%	183 6.3%	68 2.3%	871 30.0%	212 7.3%	1315 45.2%	27 0.9%	258 8.9%	73 2.5%	1110 38.2%	2907 100%
Marseille	26 2.1%	162 13.3%	170 13.9%	458 37.5%	39 3.2%	78 6.4%	24 2.0%	346 28.3%	76 6.2%	440 36.0%	10 0.8%	112 9.2%	15 1.2%	656 53.7%	1222 100%
Montpellier	27 1.5%	204 11.1%	295 16.0%	595 32.3%	33 1.8%	55 3.0%	45 2.4%	408 22.2%	58 3.2%	868 47.1%	24 1.3%	189 10.3%	30 1.6%	648 35.2%	1841 100%
Mulhouse	0 0.0%	17 3.2%	166 31.4%	200 37.9%	2 0.4%	13 2.5%	8 1.5%	106 20.1%	14 2.7%	315 59.7%	2 0.4%	39 7.4%	1 0.2%	178 33.7%	528 100%
Nancy	6 0.7%	102 11.4%	157 17.5%	311 34.7%	3 0.3%	138 15.4%	11 1.2%	297 33.1%	138 15.4%	432 48.2%	4 0.4%	95 10.6%	35 3.9%	334 37.2%	897 100%
Nantes	13 2.1%	76 12.5%	58 9.6%	209 34.4%	22 3.6%	24 4.0%	17 2.8%	167 27.5%	27 4.4%	364 60.0%	6 1.0%	57 9.4%	8 1.3%	218 35.9%	607 100%
Orleans	6 1.4%	38 8.9%	40 9.3%	169 39.5%	5 1.2%	30 7.0%	16 3.7%	139 32.5%	28 6.5%	195 45.6%	1 0.2%	77 18.0%	8 1.9%	191 44.6%	428 100%
Paris	136 1.1%	1515 12.7%	1605 13.4%	4091 34.2%	233 2.0%	744 6.2%	201 1.7%	2916 24.4%	713 6.0%	4078 34.1%	152 1.3%	1108 9.3%	254 2.1%	5613 47.0%	11945 100%
Poitiers	2 0.4%	11 2.2%	67 13.6%	88 17.9%	1 0.2%	80 16.3%	10 2.0%	158 32.1%	80 16.3%	295 60.0%	0 0.0%	31 6.3%	5 1.0%	219 44.5%	492 100%
Rennes	9 1.4%	108 16.6%	152 23.4%	312 48.0%	7 1.1%	32 4.9%	11 1.7%	148 22.8%	32 4.9%	247 38.0%	4 0.6%	64 9.8%	4 0.6%	194 29.8%	650 100%
Strasbourg	17 0.9%	410 22.3%	397 21.6%	916 49.8%	17 0.9%	49 2.7%	21 1.1%	327 17.8%	50 2.7%	620 33.7%	11 0.6%	175 9.5%	48 2.6%	610 33.1%	1841 100%
Toulouse	22 1.0%	274 12.1%	338 15.0%	845 37.4%	63 2.8%	128 5.7%	24 1.1%	699 31.0%	129 5.7%	846 37.5%	18 0.8%	152 6.7%	29 1.3%	1029 45.6%	2257 100%
Valbonne	24 4.9%	45 9.2%	28 5.7%	66 13.4%	9 1.8%	29 5.9%	5 1.0%	147 29.9%	34 6.9%	176 35.8%	7 1.4%	35 7.1%	7 1.4%	305 62.1%	491 100%
Hors Clusters	59 1.7%	292 8.5%	369 10.8%	915 26.8%	58 1.7%	375 11.0%	66 1.9%	1166 34.1%	414 12.1%	1761 51.6%	23 0.7%	283 8.3%	69 2.0%	1287 37.7%	3416 100%

Note: La somme peut ne pas correspondre aux totaux disciplinaires et géographiques dus à la double affiliation et au caractère multidisciplinaire de certains aEn évolution toutefois, les orientations traditionnelles de la nanoscience ont perdu du terrain au cours des 25 dernières années : si le nombre de publications augmente toujours dans ces disciplines, leur croissance est inférieure, surtout sur la dernière période qui montre l'essor de publication en Chimie, biochimie, génétique, médecine ou pharmacologie. Cette évolution concerne la plupart des clusters au cours des dix dernières années. Seules quelques exceptions échappent à cette règle : Angers par exemple était déjà spécialisé dans le domaine tout comme Strasbourg. Ces deux acteurs marquent une évolution vers la pharmacologie. Lille poursuit son effort dans les sciences informatiques, une évolution plus marquée que pour Grenoble ou Valbonne. Bordeaux et Rennes réussissent sur la période à parachever leur spécialisation dans les domaines de la chimie Biochimie et génétique.

Graphique 9 : Les spécialisations des clusters géographiques de la nanoscience et leur dynamique



Plan factoriel défini sur la période 2003-2008. Les axes 1 et 2 expliquant 67% de la variance.
 Triangle : période 2003-2008, taille en fonction du poids du cluster sur la période.
 Carré : période 1997-2002, , taille en fonction du poids du cluster sur la période.
 Couleurs : regroupement par similarité de profil disciplinaire sur la période 2003-2008

Les entreprises de la nanoscience française et leur place

Les entreprises participant à la nanoscience méritent d’être mieux identifiées: cela permet de mieux cerner d’une part le potentiel industriel de ces entreprises qui sont *a priori* sur la frontière technologique (les plus efficaces) en nanotechnologies, d’autre part de pointer un potentiel de transfert de technologie puisque ces firmes ont des capacités d’absorption importantes de connaissances académiques (Cohen et Levinthal, 1989). Des entreprises françaises, grandes ou petites, participent ainsi à l’avancée générale des connaissances en nanosciences à travers des publications académiques faites seules ou avec des laboratoires publics de recherche. Nous cernons tous d’abord les acteurs avant de cerner leur poids au sein de la nanoscience française⁶.

⁶ Une autre question serait ici de caractériser les entreprises de nanoscience. Par exemple, si ces entreprises sont des start-ups, des

Le poids des entreprises au sein de la nanoscience est une question ouverte. Sur les quelques 32 000 publications nano trouvées sur la période 1991-2008, 7% avait pour auteur ou coauteur au moins un employé d'une entreprise (Table 10). Ce chiffre est relativement stable au cours de la période malgré une légère hausse au cours des années 90.

Table 10 – Le nombre de publications en nanosciences faites par les entreprises

Publications	1991-1996		1997-2002		2003-2008		Total 1991-2008		91-96/97-02		97-02/03-08	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%	Var Q	Var %	Var Q	Var %
Total	4'795	100%	9'945	100%	18'184	100%	32'924	100%	107%		83%	
Dont par firmes	303	6%	655	7%	1'190	7%	2'148	7%	116%	4.2%	82%	-0.6%

Notes : Source Scopus (1991-2008).

Les publications industrielles ne sont donc pas aussi rares qu'on pourrait le penser, tout du moins dans ces disciplines participant aux nanosciences. La Carte 12 représente les publications de la nanoscience menées à bien par les entreprises seules. 28 129 publications ont été faites par les entreprises situées en France entre 1997 et 2008. Une première constatation est que les entreprises se situent majoritairement au sein des clusters académiques de la nanoscience. Les entreprises sont plus dispersées que ne le sont les organismes publics de recherche. Ainsi, 23% des publications industrielles sont le fait d'entreprises situées en dehors des clusters identifiés.

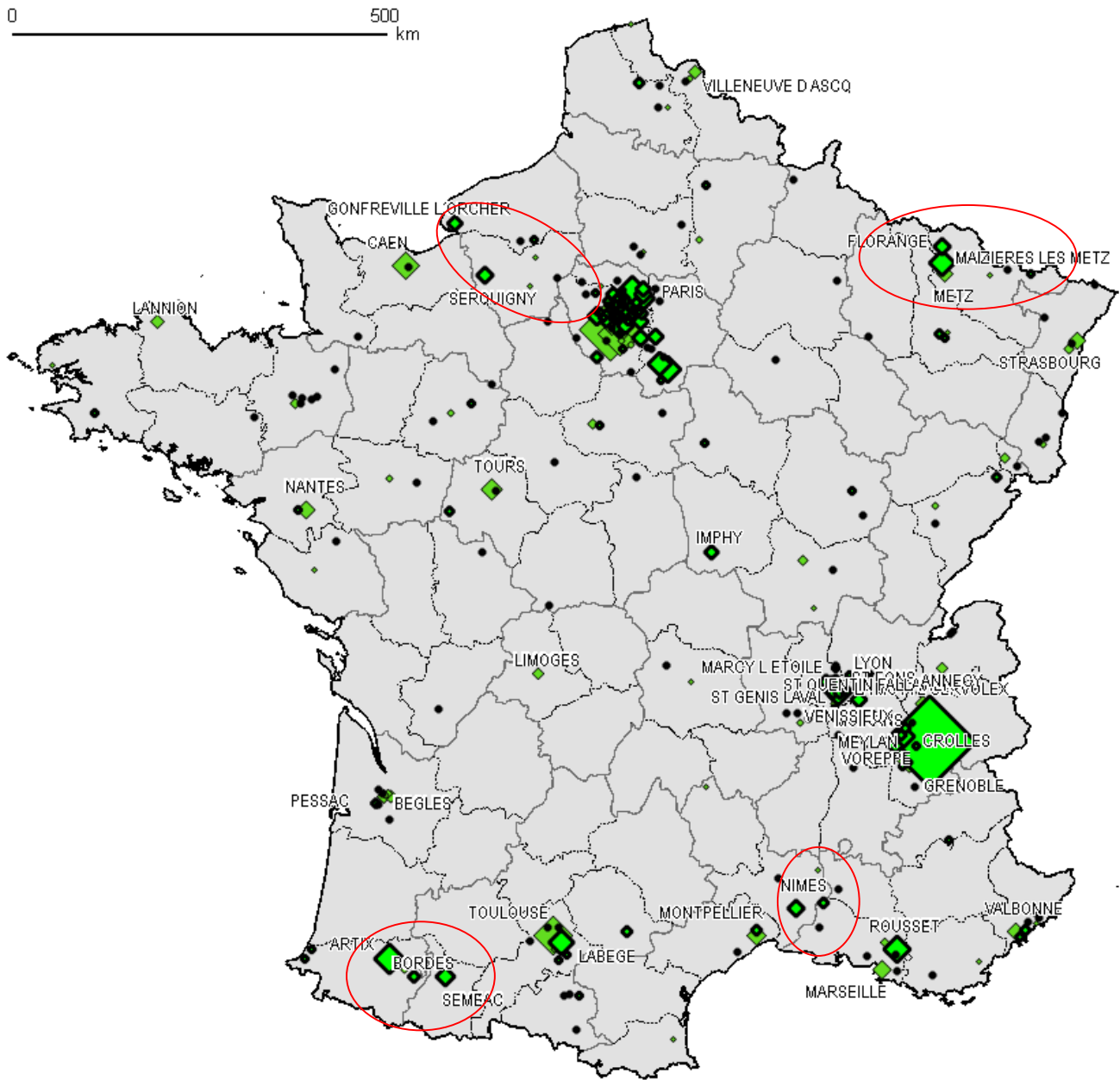
La Carte 13 souligne la complexité de la situation du cluster Île-de-France. Les publications industrielles ont lieux dans les villes principales de la production de connaissance académique (Orsay, Marcoussis, Palaiseau) et supplantent en nombre la production académique des entreprises domiciliées à Paris. Pour le reste, une constellation de publications occupe un croissant Nord-Sud passant par l'Ouest parisien soulignant la rareté des entreprises de la nanoscience dans le croissant Est de la banlieue parisienne. Toutefois, de nombreuses publications industrielles sont faites au nord de Paris à Aubervilliers.

Une analyse menée en termes de clusters géographiques montre que le nombre d'articles publiés par cluster va globalement dépendre de la taille de cluster. Des disparités importantes existent cependant en termes d'intensité comme le révèle la Table 11.

Grenoble et Nice offrent ainsi une fréquence de publications par les entreprises plus élevée que la moyenne nationale ce qui suggère une meilleure intégration science/industrie des acteurs de ces clusters.

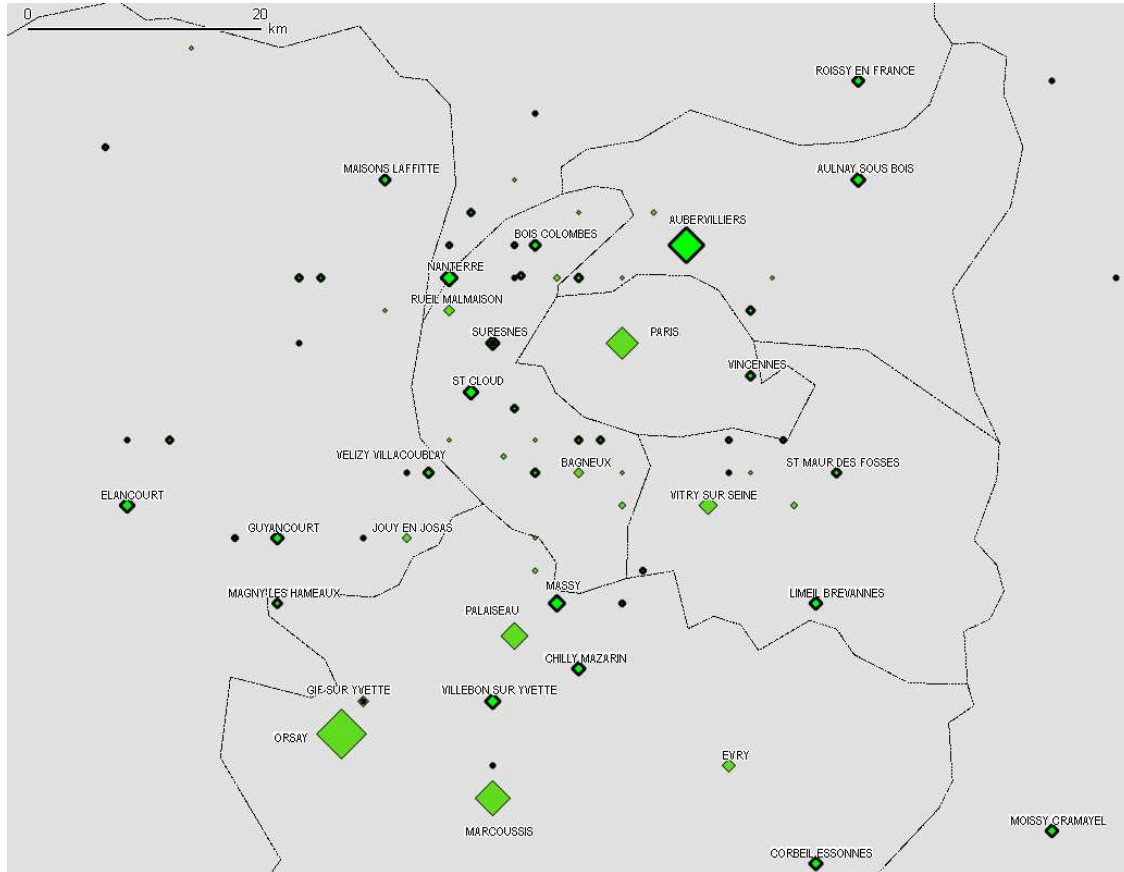
PMI-PME ou de grandes entreprises. La réponse systématique à cette question n'est pas triviale puisqu'elle revient à mettre en correspondance l'identité des entreprises de la nanoscience avec des données capables de les caractériser (Voir Raffo, Lhuillery, 2009 sur ce sujet) tout en étant capables de cerner les différentes raisons sociales employées au cours du temps par les auteurs de ces quelques 2 148 articles. Ce point sera abordé au cas par cas quand une identification « manuelle » de petits sous-ensembles est possible.

Carte 12 - Distribution géographique des articles scientifiques en nanoscience signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1997-2008). Les losanges non gras localisent les villes dans lesquelles la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges en gras localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). La taille des losanges reflète le nombre de publications faites par les entreprises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

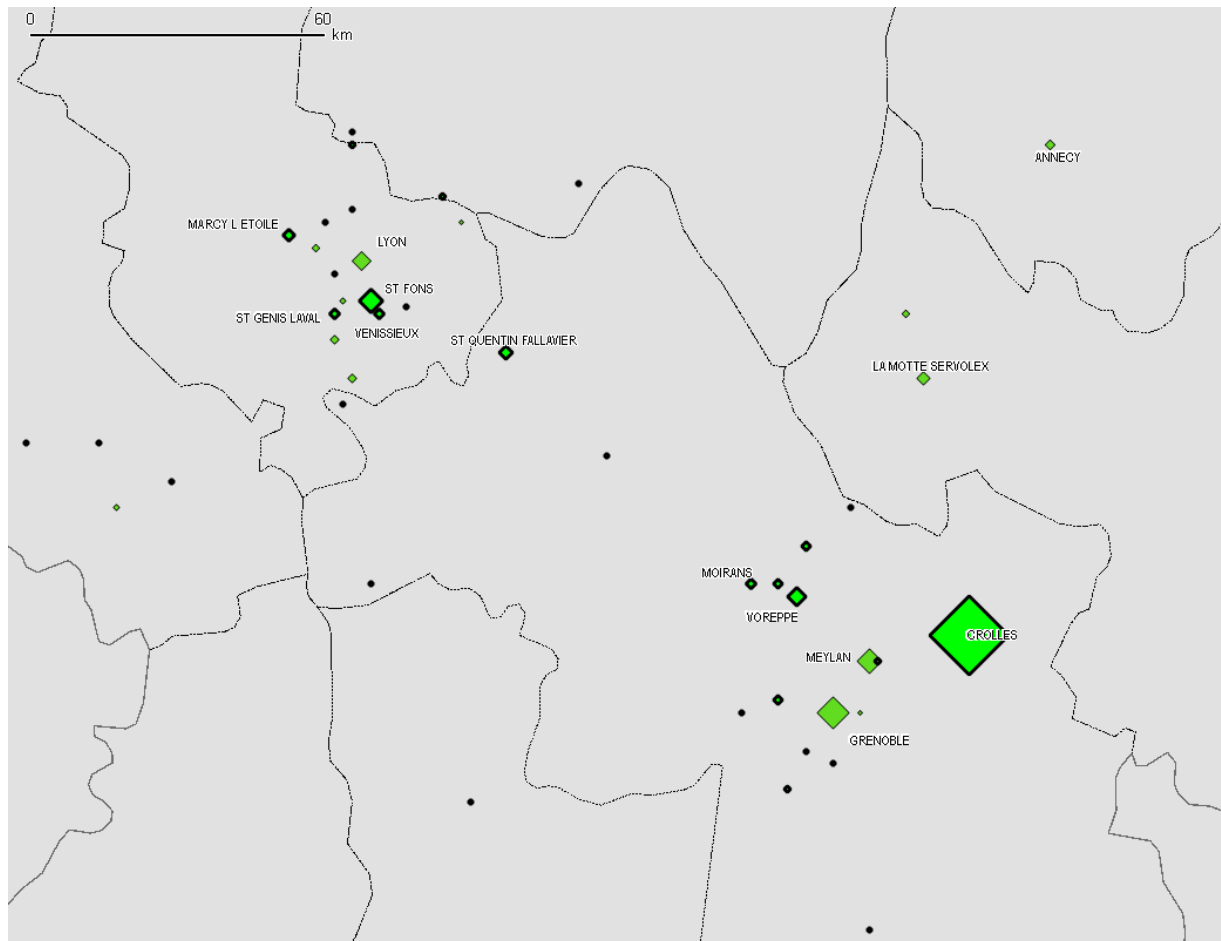
Carte 13 - Distribution géographique des articles scientifiques en nanoscience signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues, Cluster Île-de-France



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1997-2008). Les losanges non gras localisent les villes dans lesquelles la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges en gras localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). La taille des losanges reflète le nombre de publications faites par les entreprises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Le cas de Nice peut être exploré plus avant en raison de la faible taille de ce cluster et du faible nombre de publications nanotech concernées. L'observation ligne à ligne de ces publications révèle que le cluster nanoscience des Alpes-Maritimes repose sur de la recherche académique, mais aussi sur des filiales de multinationales implantées localement (IBM, Dow, Alcatel, Texas instrument, Rohm and Haas, AISIN, Galderma, Crouzet) ou des firmes relativement de taille plus modeste (Esterel Technologies) ou jeunes (par exemple Lumilog).

Carte 14 - Distribution géographique des articles scientifiques en nano-science signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues, Clusters Rhône-Alpes.



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1997-2008). Les losanges non gras localisent les villes dans lesquelles la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges en gras localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). La taille des losanges reflète le nombre de publications faites par les entreprises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

A contrario, peu d'articles ont été publiés par des entreprises situées au sein du cluster strasbourgeois malgré l'existence locale de firmes pharmaceutiques et de biotechnologie. Cet écart avec la moyenne nationale évoque une séparation plus importante entre les activités de recherche locales en nanoscience et celle des entreprises locales.

Ces clusters peuvent abriter des répartitions université-industrie différentes. Afin de mieux cerner la place de l'industrie au sein même des différentes villes de ces clusters, nous pouvons calculer la part des publications faites par les entreprises dans les villes de la nanoscience. La Table 12 souligne les villes qui au sein de chaque cluster dépendent essentiellement de l'industrie pour participer à la nanoscience. En creux, cela souligne l'existence des villes françaises dans lesquelles les laboratoires publics de la nanotech sont absents. La Carte 12, la

Carte 13 et la Carte 14 retracent les villes dans lesquelles la nanoscience est dominée par les entreprises (losanges avec le pourtour en noir gras sur ces cartes).

Si nous retrouvons ici des résultats attendus pour les villes du cluster grenoblois avec Villard Bonnot (38190) Crolles (38920) et Voreppe (38340) où sont implantés nombre d'entreprises (STMicroelectronics, Freescale, Phillips, ST Micro, Freescale Semiconductors, France Telecom, Faure Ing., Novellus System, NXP Semiconductors, Phillips, Thomson, SOITEC, Tera Environment, Motorola), nous obtenons des résultats quelque peu différents pour l'Île-de-France par exemple. Au nord, autour d'Aubervilliers, la nanoscience est, en fait, dominée par l'industrie avec les centres de recherche d'Aventis, Rhodia ou Saint-Gobain. Cette domination industrielle se retrouve dans la banane de l'Ouest parisien avec des villes telles que Nanterre (92000), Limeil Breannes (94450), Massy (91300), Bois Colombes (92270), Écuellen (77818), Villebon Sur Yvette (91140), Aulnay-Sous-Bois (93600), Corbeil Essonne (91100), Elancourt (78851), St Cloud (92210) et Maisons Laffitte (78600).

Table 11 – Part des publications de nanosciences faites par les firmes, par cluster géographique (1997-2008)

Clusters	Total publications	Dont par des firmes	Soit en %
Paris	10'031	859	9%
Grenoble	4'877	516	11%
Lyon	2'576	222	9%
Toulouse	1'953	156	8%
Montpellier	1'641	99	6%
Strasbourg	1'565	40	3%
Bordeaux	1'278	83	6%
Marseille	1'141	84	7%
Lille	1'111	82	7%
Nancy	741	34	5%
Rennes	594	32	5%
Nantes	535	36	7%
Caen	510	38	7%
Mulhouse	456	23	5%
Valbonne	447	59	13%
Poitiers	428	19	4%
Orleans	367	24	7%
Dijon	365	21	6%
Beçanson	311	11	4%
Aubiere	300	7	2%
Le Mans	279	8	3%
Angers	250	21	8%
Hors Clusters	3'048	427	14%
France	28'129	1845	6.6%

Notes : Source Scopus (1997-2008). Les filiales étrangères domiciliées en France sont aussi considérées.

En Lyonnais, Atochem, Atofina, Rhodia ou Elf constituent l'essentiel des acteurs industriels de la nanoscience situés du côté de Saint-Fons où sont aussi installés des capacités de production académiques avec le laboratoire CNRS-Rhodia (St Fons), l'Institut Français du Pétrole (Vernaison) ou le *Laboratoire* des Matériaux Organiques à Propriétés Spécifiques (CNRS) situé

à Solaize.

En PACA enfin, des firmes de la nanoscience qui ne sont pas à Sophia ou à Marseille et qui dominent les publications locales sont situées dans le Pays d'Aix, à Rousset (Atmel, STM)

Table 12 - Publications de nanosciences faites par les firmes, par ville pour les principaux clusters géographiques, par période.

Villes	Rk	1991-1996			1997-2002			2003-2008			Total 1991-2008			91-96/97-02			97-02/03-08		
		Q	%	% tot pub	Q	%	% tot pub	Q	%	% tot pub	Q	%	% tot pub	Var Q	%	% tot pub	Var Q	Var %	
Crolles (38920)	1	5	2%	56%	67	10%	86%	249	21%	100%	321	15%	96%	1240%	520%	55%	272%	105%	16%
Grenoble (38000)	5	17	6%	4%	33	5%	3%	19	2%	1%	69	3%	2%	94%	-10%	-27%	-42%	-68%	-73%
Meylan (38240)	10	1	0%	1%	25	4%	27%	6	1%	33%	32	1%	17%	2400%	1056%	2001%	-76%	-87%	25%
Voreppe (38340)	17	7	2%	78%	9	1%	100%	8	1%	100%	24	1%	92%	29%	-41%	29%	-11%	-51%	0%
Orsay (91400)	2	63	21%	11%	87	13%	9%	59	5%	5%	209	10%	7%	38%	-36%	-20%	-32%	-63%	-50%
Marcoussis (91460)	3	27	9%	84%	17	3%	27%	56	5%	9%	100	5%	14%	-37%	-71%	-68%	229%	81%	-68%
Aubervilliers (93300)	4	12	4%	60%	30	5%	60%	43	4%	68%	85	4%	64%	150%	16%	0%	43%	-21%	14%
Paris (75001)	6	6	2%	1%	17	3%	1%	44	4%	2%	67	3%	1%	183%	31%	47%	159%	42%	21%
Palaiseau (91120)	8	0	0%	0%	0	0%	0%	43	4%	9%	43	2%	6%						
Vitry Sur Seine (94400)	14	5	2%	22%	10	2%	15%	10	1%	14%	25	1%	15%	100%	-7%	-31%	0%	-45%	-7%
Nanterre (92000)	21	2	1%	100%	10	2%	83%	6	1%	75%	18	1%	82%	400%	131%	-17%	-40%	-67%	-10%
Limeil Brevannes (94450)	23	7	2%	70%	7	1%	100%	2	0%	100%	16	1%	84%	0%	-54%	43%	-71%	-84%	0%
Massy (91300)	25	0	0%	0%	0	0%	0%	15	1%	79%	15	1%	75%						
Toulouse (31000)	7	9	3%	3%	31	5%	5%	26	2%	2%	66	3%	3%	244%	59%	82%	-16%	-54%	-58%
Labege (31311)	15	1	0%	100%	13	2%	100%	10	1%	83%	24	1%	92%	1200%	501%	0%	-23%	-58%	-17%
Artix (64170)	9	4	1%	100%	8	1%	100%	25	2%	100%	37	2%	100%	100%	-7%	0%	213%	72%	0%
St Fons (69190)	11	3	1%	100%	9	1%	100%	19	2%	90%	31	1%	94%	200%	39%	0%	111%	16%	-10%
Lyon (69001)	18	5	2%	2%	6	1%	1%	12	1%	1%	23	1%	1%	20%	-44%	-44%	100%	10%	-4%
Caen (14000)	12	1	0%	2%	13	2%	6%	15	1%	5%	29	1%	5%	1200%	501%	260%	15%	-36%	-17%
Rousset (13106)	13	2	1%	100%	4	1%	100%	22	2%	100%	28	1%	100%	100%	-7%	0%	450%	203%	0%
Marseille (13001)	24	3	1%	3%	9	1%	3%	4	0%	1%	16	1%	1%	200%	39%	19%	-56%	-76%	-83%
Maizieres Les Metz (57280)	16	0	0%	0%	9	1%	75%	15	1%	100%	24	1%	86%				67%	-8%	33%
Avon (77210)	19	1	0%	100%	7	1%	100%	14	1%	100%	22	1%	100%	600%	224%	0%	100%	10%	0%
Montpellier (34000)	20	5	2%	2%	7	1%	1%	7	1%	1%	19	1%	1%	40%	-35%	-48%	0%	-45%	-51%
Tours (37000)	22	0	0%	0%	4	1%	10%	13	1%	19%	17	1%	14%				225%	79%	89%
Nantes (44000)	26	3	1%	3%	7	1%	4%	5	0%	1%	15	1%	2%	133%	8%	22%	-29%	-61%	-64%
		303	100%	6%	655	100%	7%	1'190	100%	7%	2'148	100%	7%	116%		4.2%	82%		-0.6%

Notes : Source Scopus (1991-2008). Les filiales étrangères domiciliées en France sont aussi considérées. La somme peut ne pas correspondre aux totaux géographiques en raison de la multi-affiliation de certains articles.

Pour être exhaustif, citons d'autres acteurs importants de la nanoscience se situent en dehors des clusters identifiés et des sites universitaires. Des entreprises situées en Gironde à Séméac (Alstom) ou des filiales de Total (Arkema par exemple) qui ne sont pas à Saint-Fons : à Artix à côté de Lacq, à Bernay en Normandie par exemple. On citera ici aussi les centres de R&D d'EDF à Moret-sur-Loing (77) et de Arcelor-Mital à Maizieres les Metz ou bien encore les entreprises au sud de la vallée du Rhône (Nîmes, Arles...).

Les réseaux de la nanoscience française

La localisation des acteurs de la nanoscience est une condition nécessaire, mais non suffisante à l'identification que ces acteurs situés en France entretiennent entre eux ou avec d'autres acteurs étrangers. Nous utilisons ici les copublications afin d'évaluer l'existence de liens entre les acteurs de la nanoscience. Nous procédons tout d'abord par une analyse globale des liens pour ensuite nous focaliser sur les liens académiques noués par les entreprises de la nanoscience.

Cette analyse par les outputs académiques est bien entendu d'une part imparfaite (elle ne retrace pas tous les liens académiques entre acteurs) et incomplète (d'autres liens existent qui ne sont pas forcément de nature scientifique).

Les réseaux nationaux

Les liens des acteurs français de la nanoscience sont nationaux et internationaux. Nous nous centrons tout d'abord sur la première catégorie de liens avant de compléter l'analyse par la seconde dimension.

L'analyse des réseaux peut être faite selon la variété et l'intensité des liens identifiés. L'intensité de liens entre acteurs français souligne que les copublications entre Grenoble et Paris sont essentielles tout comme les liens que ces deux principaux acteurs entretiennent avec les acteurs situés à Lyon. D'autres axes de coopérations se dégagent mais pour la plupart centrés autour des deux acteurs que sont Paris et Grenoble. Lyon malgré sa taille ne semble pas à même de fédérer autant que ses deux principaux partenaires. Ce constat semble aussi partagé par Strasbourg.

L'analyse de la variété géographique des coauteurs des clusters montre ainsi que les acteurs centraux⁷ de la nanoscience française sont Paris et Grenoble. Compte tenu de sa taille, Lyon polarise moins les copublications que les auteurs montpelliérains par exemple. Ensuite, la variété des liens constatée est corrélée avec le nombre de publications consacrant les rôles de Montpellier ou Toulouse au sein du réseau. La polarisation qu'exercent les principaux clusters passe outre les logiques régionales : les copublications au sein d'une même région ne sont pas assez nombreuses pour paraître significatives par rapport aux liens noués avec les principaux centres de nanoscience. Peu de liens par exemple entre Rennes et Nantes, Amiens et Lille, entre Clermont et Lyon, entre Dijon et Besançon, entre Besançon, Belfort et Mulhouse ou, entre Nice, Toulon et Marseille.

La représentation faite masque l'hétérogénéité des liens intraclusters. Le problème est important pour les clusters de grandes tailles dans lesquels les acteurs sont nombreux, variés et dispersés.

Le graphe

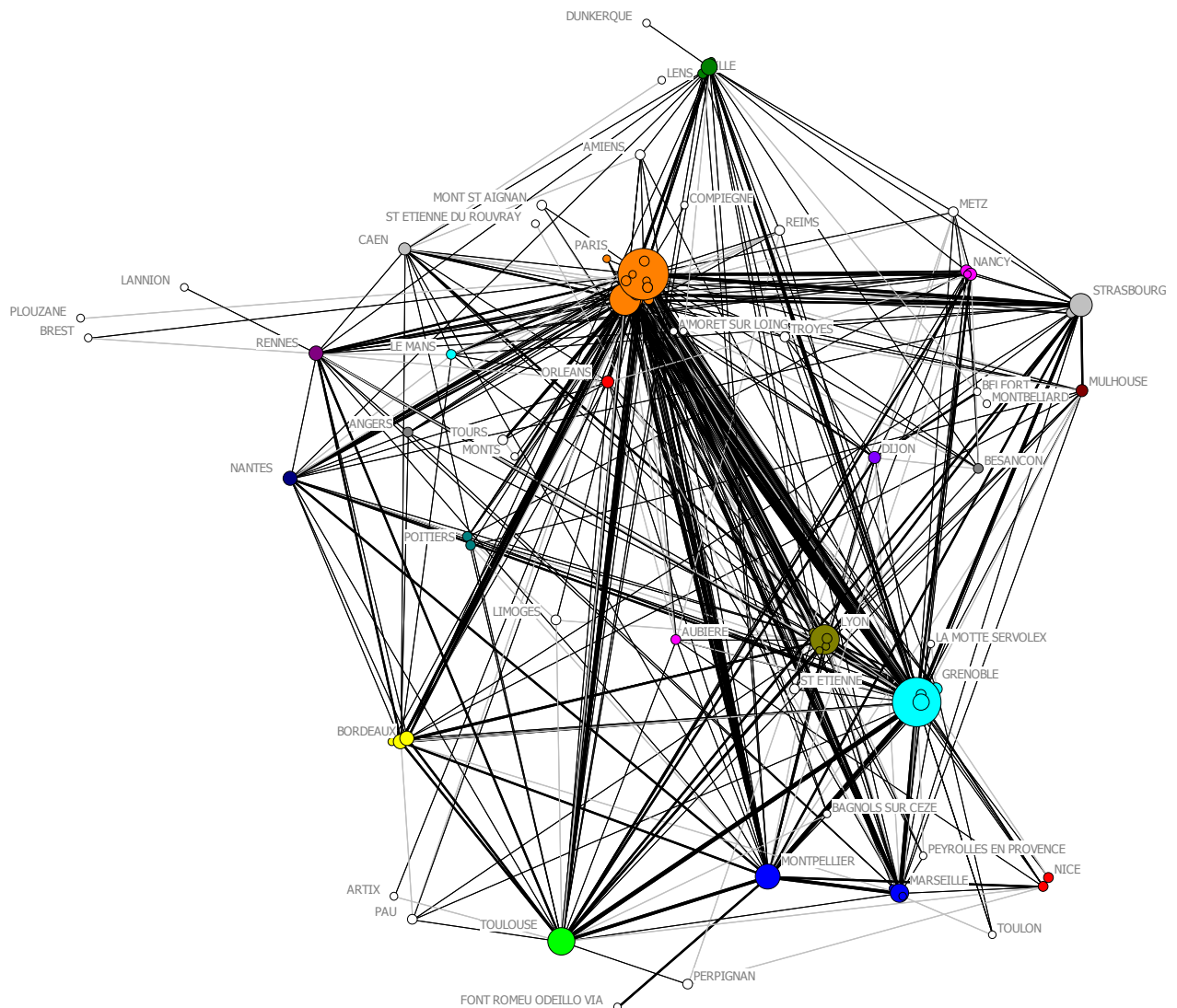
Graphique 11 montre les liens de coauteurs entre acteurs du cluster d'Île-de-France. L'importance de la polarisation académique autour de Paris-Orsay-Gif sur Yvette ressort nettement. Palaiseau, Marcoussis et Chatenay-Malabry constituent les trois autres centres et sont situés tous au sud de

⁷

La centralité est ici considérée de manière simple dans un réseau en étoile (liens directs uniquement).

Paris.

Graphique 10- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.

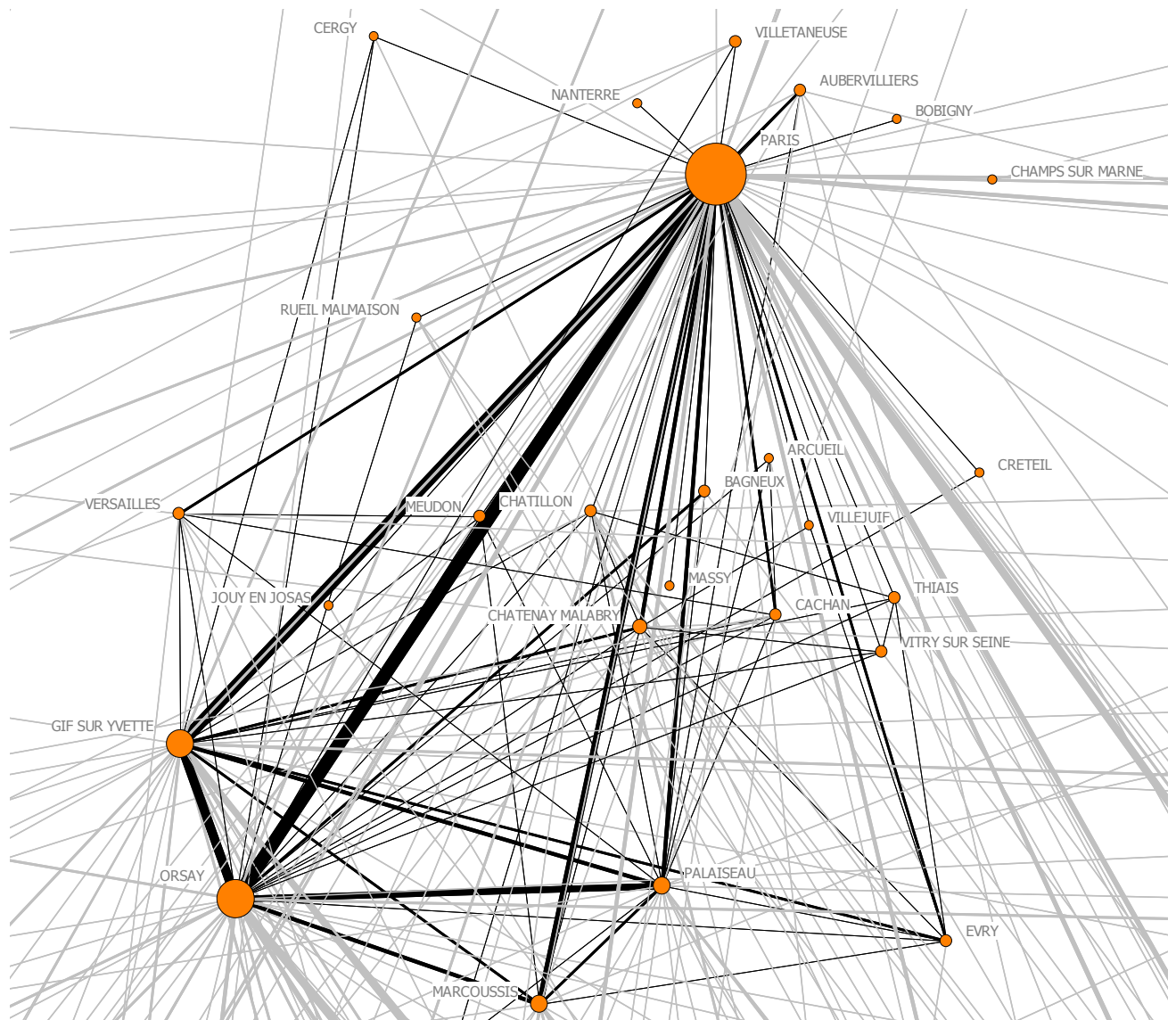


Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité d'articles (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Seules les villes avec 30 articles ou plus sont gardées. L'épaisseur des traits signifie la quantité des co-publications entre villes. Seuls les liens entre villes de 15 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les acteurs isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Les tailles plus restreintes des clusters de Grenoble ou de Lyon facilitent l'analyse des composantes. Comme le souligne le Graphique 12, chaque capitale régionale reste au centre du

cluster. Dans le cas de Grenoble, l'importance des acteurs de Crolles-Bernin-Villard-Bonnot est toujours observable.

Graphique 11- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues, Détail sur Île-de-France

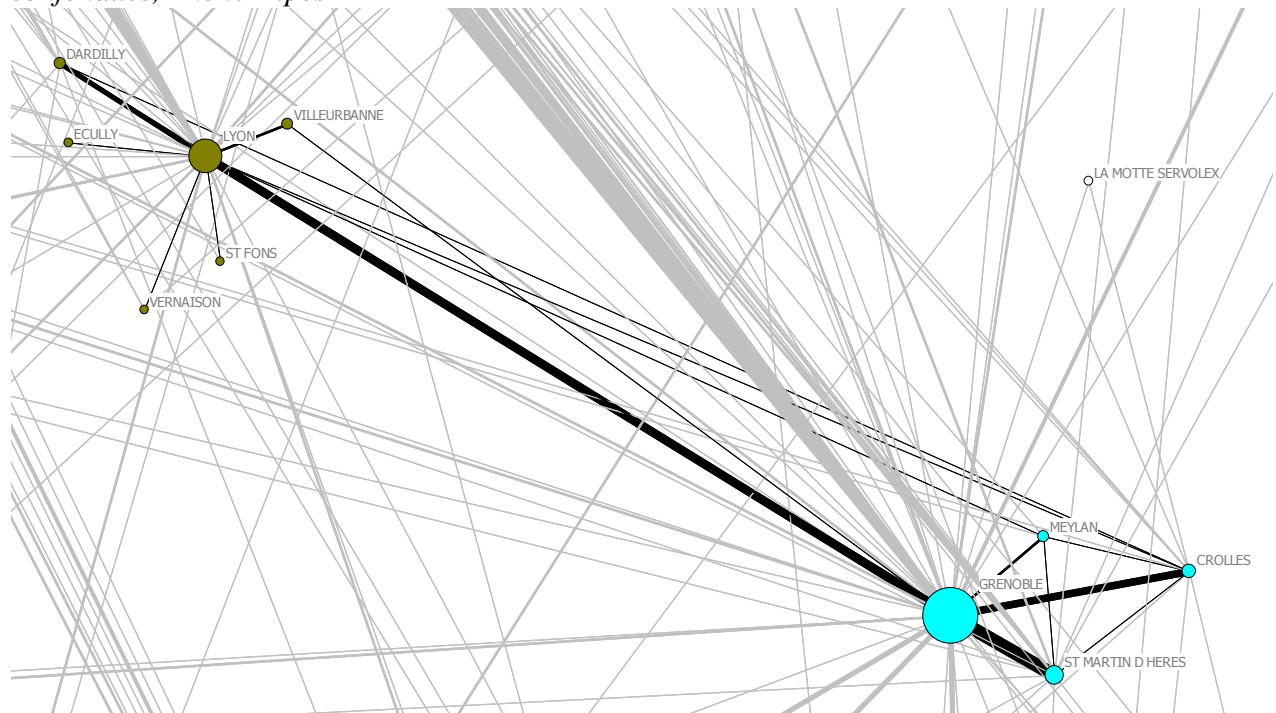


Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité d'articles (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Seulement les villes avec 30 articles ou plus sont gardées. L'épaisseur des traits signifie la quantité des co-publications entre les villes. Seulement les liens entre villes de 15 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points qui restent isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Ces représentations soulignent aussi que les liens intraclusters que les acteurs entretiennent sont de moindres importances que ceux noués en dehors de ce cluster. Ainsi les centres tels que

Grenoble ou Lyon sont liés de manière bien plus importante avec Paris ou Orsay qu'ils ne le sont avec des acteurs périphériques locaux dont les tailles sont restreintes. Une exception à ce modèle est certainement l'Ile de France qui cumule plusieurs acteurs de taille critique et fournit de nombreuses opportunités de copublications aux acteurs locaux.

Graphique 12- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues, Rhône-Alpes



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité d'articles (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Seulement les villes avec 30 articles ou plus sont gardées. L'épaisseur des traits signifie la quantité des co-publications entre les villes. Seulement les liens entre villes de 15 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points qui restent isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Le rôle de la distance géographique semble cependant jouer un rôle au sein des clusters (pour des raisons de visibilité, les villes ne sont pas positionnées selon leurs coordonnées géographiques au sein des graphiques de réseaux). Au sein du cluster Île-de-France, rares sont les liens entre acteurs très éloignés géographiquement. Par exemple, la proximité géographique semble jouer au Sud-est parisien même si les liens entretenus par les acteurs de la proche banlieue sud et les principaux acteurs d'Île-de-France sont hétérogènes. Versailles, Meudon, Cachan, Thiais ou Chatenay-Malabry semblent ainsi partagés entre leurs liens avec Paris et ceux avec Gif ou Orsay. Créteil ou Vitry restent ancrés sur Paris seul. Palaiseau penche plutôt du côté d'Orsay alors que les liens de Marcoussis avec Paris sont plus forts qu'avec Orsay ou Palaiseau. Versailles est orienté plus du côté de Paris alors que Chatillon est plus lié au Sud-Ouest. Au nord, avec une moindre densité, les liens montrent les liens vers la capitale.

En outre, des « trous » dans les réseaux sont ici aussi nombreux : au nord, il n'existe aucun lien académique entre Villetaneuse et les laboratoires industriels d'Aubervilliers ; Créteil et Vitry,

Natterre et Rueuil , Cachan-Evry, Chatillon-Meudon souligne encore la contingence des liens de proximité.

Les réseaux internationaux de la nanoscience

Table 13 – Le nombre de copublications nationales (intra et extracluster) et internationales en nanosciences, par cluster géographique (1997-2008).

Clusters	Partenaire national ou international				Partenaire National seulement						Total Publications	
	Partenaire International		Partenaire National Externe au cluster		Total		Interne au Cluster seult		Externe au cluster			
	(a)		(b)		(c) = (d)+ (e)		(d)		(e)		(f) = (a)+ (c)	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	% Nat	Q	% Nat	Q	%
Paris	5033	50%	3001	30%	4998	50%	3198	64%	1800	36%	10031	100%
Grenoble	2861	59%	1565	32%	2016	41%	1111	55%	905	45%	4877	100%
Lyon	1162	45%	1029	40%	1414	55%	685	48%	729	52%	2576	100%
Toulouse	979	50%	714	37%	974	50%	559	57%	415	43%	1953	100%
Montpellier	850	52%	712	43%	791	48%	377	48%	414	52%	1641	100%
Strasbourg	892	57%	444	28%	673	43%	422	63%	251	37%	1565	100%
Bordeaux	545	43%	474	37%	733	57%	419	57%	314	43%	1278	100%
Marseille	556	49%	489	43%	585	51%	268	46%	317	54%	1141	100%
Lille	504	45%	445	40%	607	55%	325	54%	282	46%	1111	100%
Nancy	308	42%	310	42%	433	58%	228	53%	205	47%	741	100%
Rennes	261	44%	288	48%	333	56%	146	44%	187	56%	594	100%
Nantes	284	53%	246	46%	251	47%	109	43%	142	57%	535	100%
Caen	237	46%	195	38%	273	54%	150	55%	123	45%	510	100%
Mulhouse	183	40%	179	39%	273	60%	141	52%	132	48%	456	100%
Valbonne	217	49%	175	39%	230	51%	113	49%	117	51%	447	100%
Poitiers	158	37%	186	43%	270	63%	134	50%	136	50%	428	100%
Orléans	165	45%	186	51%	202	55%	72	36%	130	64%	367	100%
Dijon	161	44%	197	54%	204	56%	76	37%	128	63%	365	100%
Besançon	110	35%	116	37%	201	65%	118	59%	83	41%	311	100%
Aubière	141	47%	109	36%	159	53%	76	48%	83	52%	300	100%
Le Mans	160	57%	120	43%	119	43%	44	37%	75	63%	279	100%
Angers	141	56%	108	43%	109	44%	54	50%	55	50%	250	100%
Hors Clusters	1297	43%	1416	46%	1751	57%	762	44%	989	56%	3048	100%

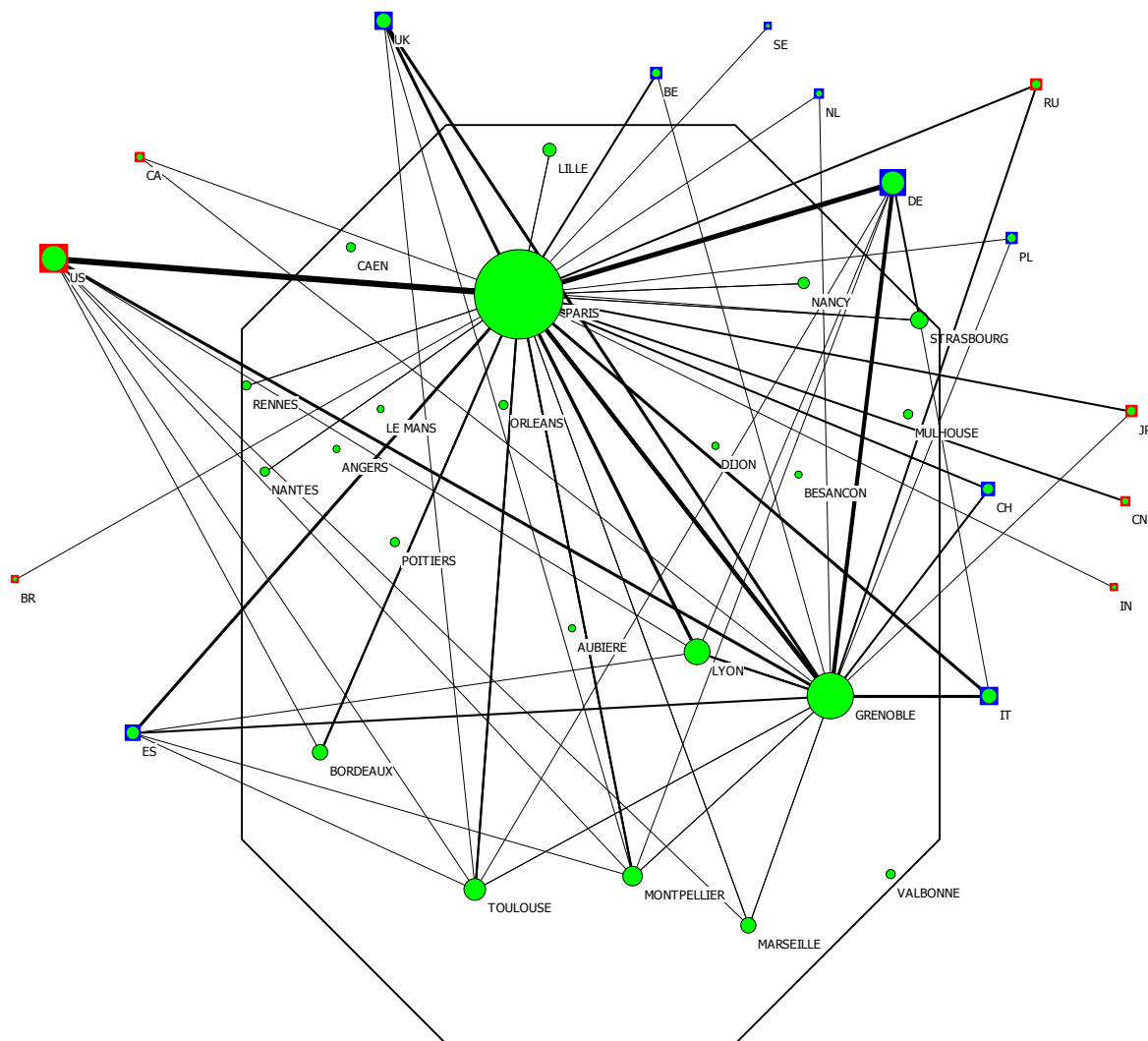
Notes : Source Scopus (1997-2008).

Des réseaux de la nanoscience française identifiés par les copublications sont aussi internationaux. L'analyse de ces liens vient moduler l'importance constatée des réseaux français de la nanoscience. La Table 13 compare ainsi l'importance des liens nationaux et internationaux des acteurs par cluster. Elle montre que les clusters les plus internationalisés sont Grenoble, Strasbourg, Montpellier dépassant ici le cluster parisien. Parmi les clusters de moindre taille, Nantes ou même Le Mans ou Angers montrent des internationalisations élevées. A contrario, les acteurs au sein des clusters peuvent aussi publier entre eux sans avoir recours à des coauteurs internationaux. La table 12 révèle ainsi le peu d'ouverture internationale de Lyon, Bordeaux Lille ou Nancy. Mulhouse, Lille, Nice ne semblent pas ici bénéficier d'effet frontière.

Ceci peut-être interprété comme une force ou comme une faiblesse en fonction de la position concurrentielle des auteurs. Ainsi, des publications faites au sein des clusters de Poitiers ou de Besançon peuvent être interprétées de manière ambiguë comme étant capables d'être publiées sans avoir recours à des ressources académiques extérieures (nationales ou étrangères), ou

comme une faiblesse dans la capacité des auteurs à coopérer avec d'autres et évoluer au niveau international. Un effet taille peut aussi exister: la probabilité de publier de manière autonome pour un cluster sera plus élevée si ce cluster est de taille importante. L'autonomie élevée des acteurs de la nanoscience du cluster de Paris sera alors considérée comme naturelle même si elle ne signifie pas optimale.

Graphique 13- Réseau inter-cluster et international en nombre de copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.

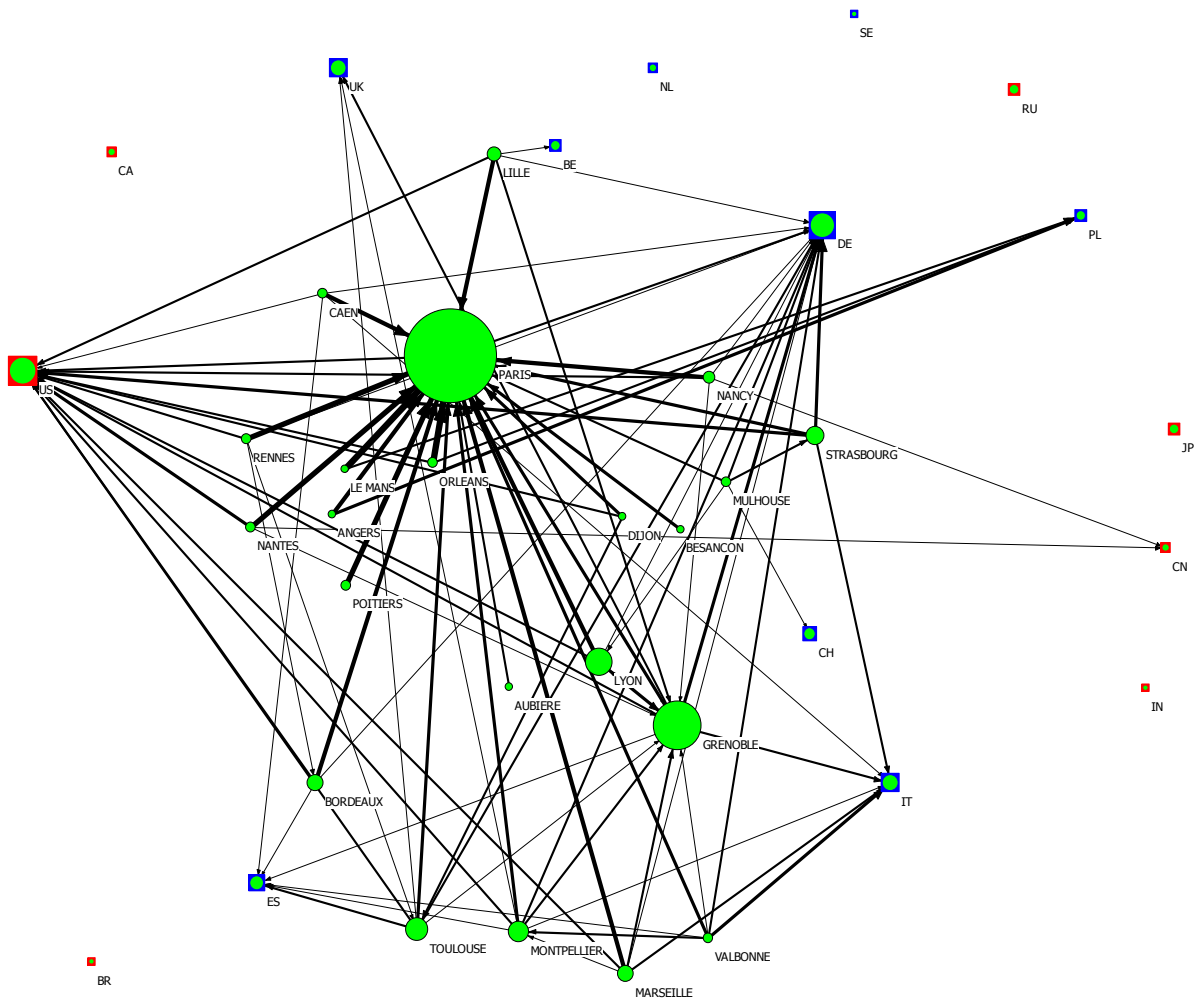


Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). Les ronds représentent les clusters français et les ronds encadrés leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Seulement les partenaires étrangers avec 300 articles copubliés avec un partenaire français sont gardés. L'épaisseur des traits mesure la quantité des copublications entre clusters et pays. Seulement les liens de 50 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points (clusters ou pays) isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Si nous réinsérons les réseaux nationaux au sein des réseaux internationaux de la nanoscience, nous pouvons dès lors obtenir une vision plus synthétique des stratégies à l'œuvre. Les auteurs

étrangers peuvent être localisés en fonction de la localisation de leurs institutions. Réalisés uniquement sur les clusters avec au moins 50 copublications menées en collaboration internationale, des acteurs tels que Besançon, Rennes, Dijon ou Clermont peuvent disparaître ou si nous les conservons, ne plus être reliés à d'autres clusters ou pays.

Graphique 14- Réseau inter-cluster et international en intensité des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). Les ronds représentent les clusters français et les ronds encadrés leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Seulement les partenaires étrangers avec 300 articles copubliés avec un partenaire français sont gardés. L'épaisseur des traits mesure l'intensité des copublications entre clusters et pays. Seulement les liens de 50 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points (clusters ou pays) isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Le Graphique 13 rappelle le lien entre variété des nationalités de coauteurs et taille des clusters. Le poids de Paris et de Grenoble est ici dominant laissant Lyon derrière qui, comme nous l'avons vu, à un réseau plus national. Se retrouve aussi l'internationalisation de Strasbourg qui collabore

de manière importante avec l'Allemagne, les Etats-Unis, l'Italie ou lorsque d'autres clusters plus imposants ne sont reliés qu'aux Etats-Unis. Notons que les acteurs strasbourgeois copublient finalement plus qu'il ne semble avec l'industrie : d'après une exploration manuelle, nous avons cerné que ces acteurs publient avec des multinationales étrangères en biotech-pharma situées aux États-Unis et en Allemagne essentiellement. Ce constat est d'ailleurs cohérent avec la spécialisation constatée de ce cluster.

Le Graphique 14 permet de mettre en lumière que si Paris est au cœur des réseaux internationaux, cela est uniquement dû à son poids. Sa masse critique lui assure un nombre minimal de liens internationaux mais ceux-ci sont, en relatifs, moins nombreux que pour d'autres clusters. De même, le graphique souligne aussi que Paris est au centre d'un réseau français qui s'il ne représente pas forcément des parts de collaboration importantes pour les chercheurs d'Ile-de-France, représente un nombre conséquent de coopération pour tous les clusters français de Province. En Particulier, Marseille ou Bordeaux collaborent fortement avec la capitale quand Mulhouse est plus orientée vers Strasbourg ou la Suisse. L'autarcie parisienne n'est pas une fatalité puisque Strasbourg tout comme Grenoble sont très ouverts à l'international ; Grenoble réussissant même à fédérer autour de lui les clusters de Montpellier, Marseille ou Lille.

Le caractère lacunaire des réseaux est une fois de plus intéressant à souligner, car s'il semble normal pour les petits clusters, il en va différemment pour les grands acteurs de la nanoscience qui devraient coopérer avec les pays leaders dans leurs disciplines. Par exemple, Grenoble n'a que peu de copublications avec la Chine tout comme Lyon qui par ailleurs n'a pas de liens académiques importants avec le Japon, la Suède ou les Pays-Bas. Le peu de liens avec la Chine et l'absence de la Corée comme partenaire significatif montre la faible capacité des chercheurs français à coopérer avec ces auteurs asiatiques alors qu'ils représentent des acteurs très importants de la nanoscience mondiale.

Si les États-Unis ou l'Allemagne représentent des parts naturellement importantes de l'internationalisation de la nanoscience française, des pays scientifiques de taille bien inférieure occupent une place importante dans le système français de la nanoscience: l'Italie, l'Espagne ou même la Suisse, apparaissent comme des partenaires européens importants pour la production nationale de connaissances.

Les réseaux scientifiques des entreprises de la nanoscience

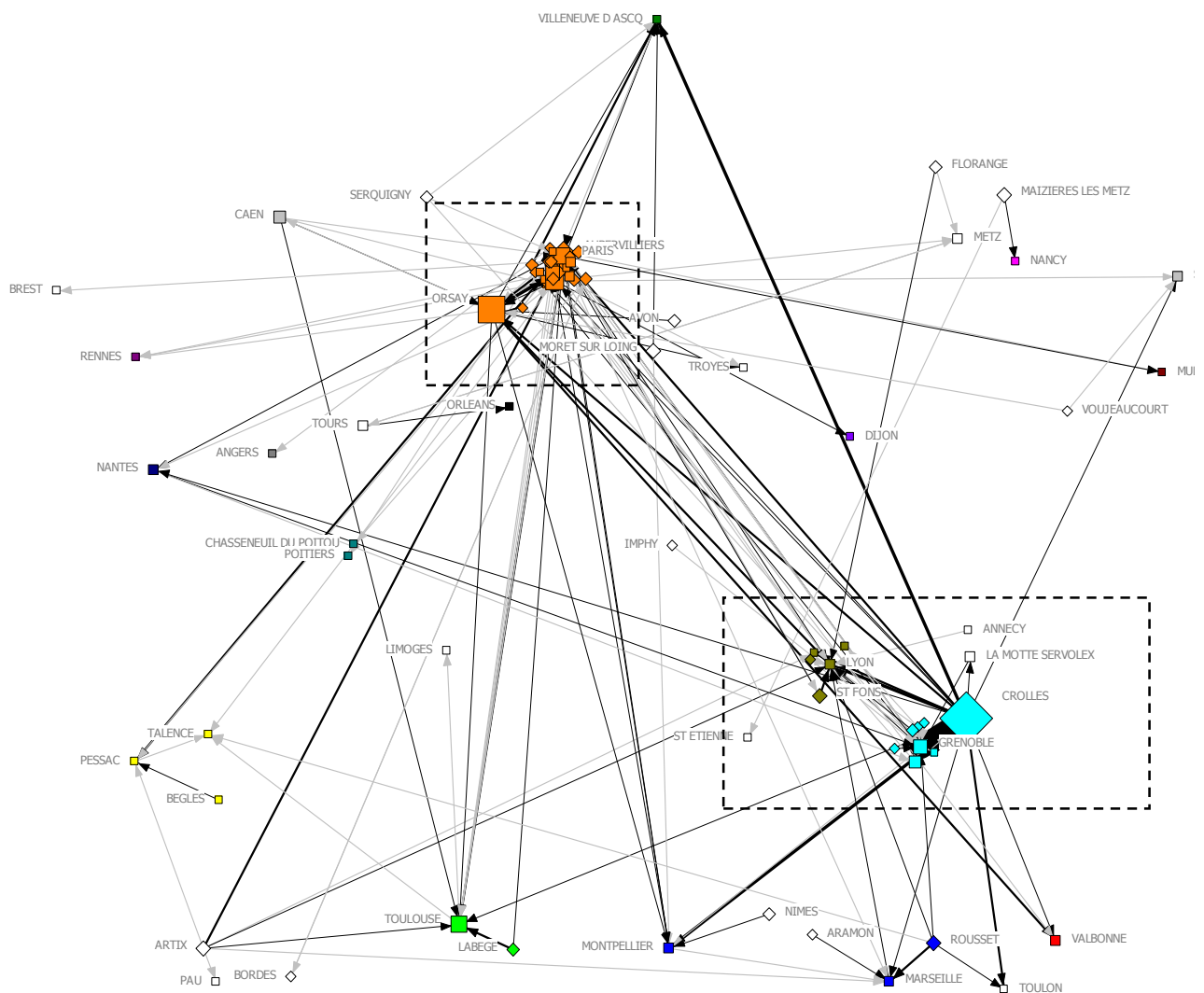
La fin de la section essaye de mieux cerner les liens entretenus par les acteurs particuliers que sont les firmes de la nanoscience en France.

En représentant ces villes de nanoscience dominées par l'industrie par des losanges, et les villes de la nanoscience dominées par les organismes publics par des carrés au sein du réseau de copublication, nous pouvons mieux expliciter leurs liens avec les autres acteurs de la nanoscience française. Le Graphique 15 souligne ainsi les stratégies académiques des firmes et les différences avec celles des chercheurs travaillant au sein des laboratoires publics.

On retrouve ici les liens qui existent entre les principaux sites de la nanoscience industrielle

française. Les liens entre Grenoble, Lyon et Paris sont toujours importants. Toutefois, la nanoscience industrielle ne repose pas seulement sur les acteurs les plus importants. Le Graphique 15 souligne l'importance d'acteurs auparavant négligés en raison de leur faible poids dans la nanoscience nationale. Ainsi, les entreprises reposent à la fois sur des sites dominés par les laboratoires académiques : les entreprises de Crolles, de Rousset, de Artix, de Bernay, de Florange, de Maizières reposent sur des grands clusters à vocations académiques, mais aussi sur des centres à dominante universitaire que sont Lille, Nantes, Toulon, Nancy, Metz, Mulhouse, Dijon, Lille, de Toulon, de Artix, La Motte-Servollex...

Graphique 15 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience à dominante industrielle, toutes requêtes confondues.



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des nœuds représente la quantité des articles signés par des firmes françaises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Les carrés localisent les villes où la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). Les flèches représentent les co-publications entre les firmes de la ville de départ et ses partenaires de la ville d'arrivée et leur épaisseur mesure leur quantité. Seulement les liens de 3 co-publications ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les villes isolées (après les filtres sont appliqués) ont été retirées.

De manières plus précises, les firmes de Rousset sont polarisées sur leurs liens avec Lyon, Grenoble, mais surtout au niveau local avec Marseille, mais aussi Toulon. Ce dernier lien est intéressant dans la mesure où il montre que des chercheurs appartenant à une petite unité (Institut Matériaux Microélectronique Nanosciences de Provence - UMR CNRS 6242) située en dehors des principaux sites académiques de la nanoscience peuvent proposer des connaissances utiles à l'industrie. La présence à Rousset de STMicroelectronics explique certainement l'intégration de ce laboratoire qui travaille aussi avec d'autres filiales de STM, même si d'autres acteurs industriels de la nanoscience présents en pays d'Aix (de Atmel⁸, ex European Silicon Structure, de Ion Beam Services ou Smart Packaging Solutions). Cette logique locale de ressourcement se retrouve pour les entreprises situées à Labège, Artix, Florange, Maizière, Tours, Nîmes, Aramon ou Bègles.

Collaborant avec les capacités de recherche académique du cluster le plus proche, des entreprises plus éloignées situées en Gironde à Séméac (Alstom) côtoient celles qui organisent leurs recherches avec des acteurs plus éloignés comme les centres de recherche de Arkema (filiale de Total) qui mettent en liaison les chercheurs de leurs différents laboratoires situés aussi bien à Lacq (Artix sur la carte), Bernay (le Cerdato alias le Centre de Recherche, Développement, Applications et Technique de l'Ouest de Arkema) ou Saint-Fons avec différents laboratoires académiques nationaux. D'autres entreprises localisées en dehors des clusters contribuent de manière importante à la nanoscience française : on citera ici seulement les de R&D d'EDF à Moret-sur-Loing (77) et de Arcelor-Mital à Maizieres-les-Metz qui sont reliés essentiellement à Nancy mais aussi à Orsay.

Si la proximité semble de prime abord jouer un rôle important, dans la plupart des cas ces collaborations académiques sont menées par la filiale ou l'établissement d'un grand groupe.

Les entreprises s'intègrent dès lors au niveau local, bénéficient du réseau national de leur groupe. Ainsi, les filiales de Total (Arkema par exemple) se retrouvent à Lacq (Artix), Bernay ou Saint-Fons et collaborent à la fois avec les laboratoires publics proches, mais aussi entre filiales (non visible sur le graphique, car ces copublication sont peu nombreuses).

Comme le montrent les collaborations entre filiales, la distance géographique n'est pas forcément un obstacle aux copublications : les firmes collaborant avec des laboratoires de Lille, Nantes, Rennes, Strasbourg, Mulhouse, Valbonne, Toulon ou Montpellier sont situées à des distances importantes de ces centres académiques.

La technopole de Sophia-Antipolis marque une situation particulière où la proximité géographique n'a pas d'impact sur les collaborations académiques. Le site hébergé a la fois des laboratoires publics et des entreprises. Ces dernières n'ont pas forcément de capacité de production mais seulement leur centre de recherche. Si les publications sont internationalisées, il existe toutefois une grande différence entre les publications industrielles faites à Valbonne et celles faites à Grenoble par exemple où des multinationales étrangères sont aussi installées : les publications académiques de Valbonne sont faites le plus souvent en collaboration avec des laboratoires situés à l'étranger (Espagne, Italie, Etats-Unis, Suède, Royaume-Uni), avec des laboratoires universitaires nationaux (Paris, Lyon, Montpellier), mais rarement avec les laboratoires de recherche locaux malgré la présence de joint venture recherche-industrie (le GaN

⁸ Atmel a décidé en 2009 de se retirer de Rousset.

Process Technology Center entre le CNRS et l'entreprise Riber).

Un zoom sur les deux principaux clusters français de la nanoscience, apporte des informations supplémentaires sur les principales entreprises de la nanoscience française.

Au niveau de l'agglomération grenobloise, l'implantation à Crolles et à Villard-Bonnot de grandes entreprises mondiales engagées dans la nanotechnologie (ST, Philips, Motorola) a sensiblement modifié la répartition locale des publications faites par les industriels au détriment du centre académique grenoblois. La plupart des entreprises locales copublient avec des acteurs grenoblois. Dans le cas des entreprises de Crolles, la dépendance vis-à-vis des laboratoires académiques situés à Grenoble (Voir Graphique 16) est toutefois bien plus importante que les autres liens que ces entreprises ont pu nouer avec d'autres laboratoires situés en dehors de ce cluster. Le graphique national souligne aussi que les entreprises de Crolles sont reliées aux acteurs académiques du Lyonnais, de l'Île-de-France (Paris, Orsay et Marcoussis principalement).

Si le rôle de ces principaux centres de la nanoscience française était attendu, il n'en va pas de clusters de moindre taille tels que celui de Villeneuve-D'Ascq, de Marseille et de Montpellier ou même de Toulon. Toutefois, il faut ici insister sur le fait que même si les entreprises de Crolles collaborent avec Lille, Toulon, Orsay, Lyon ou Montpellier, les copublications sont réalisées principalement localement.

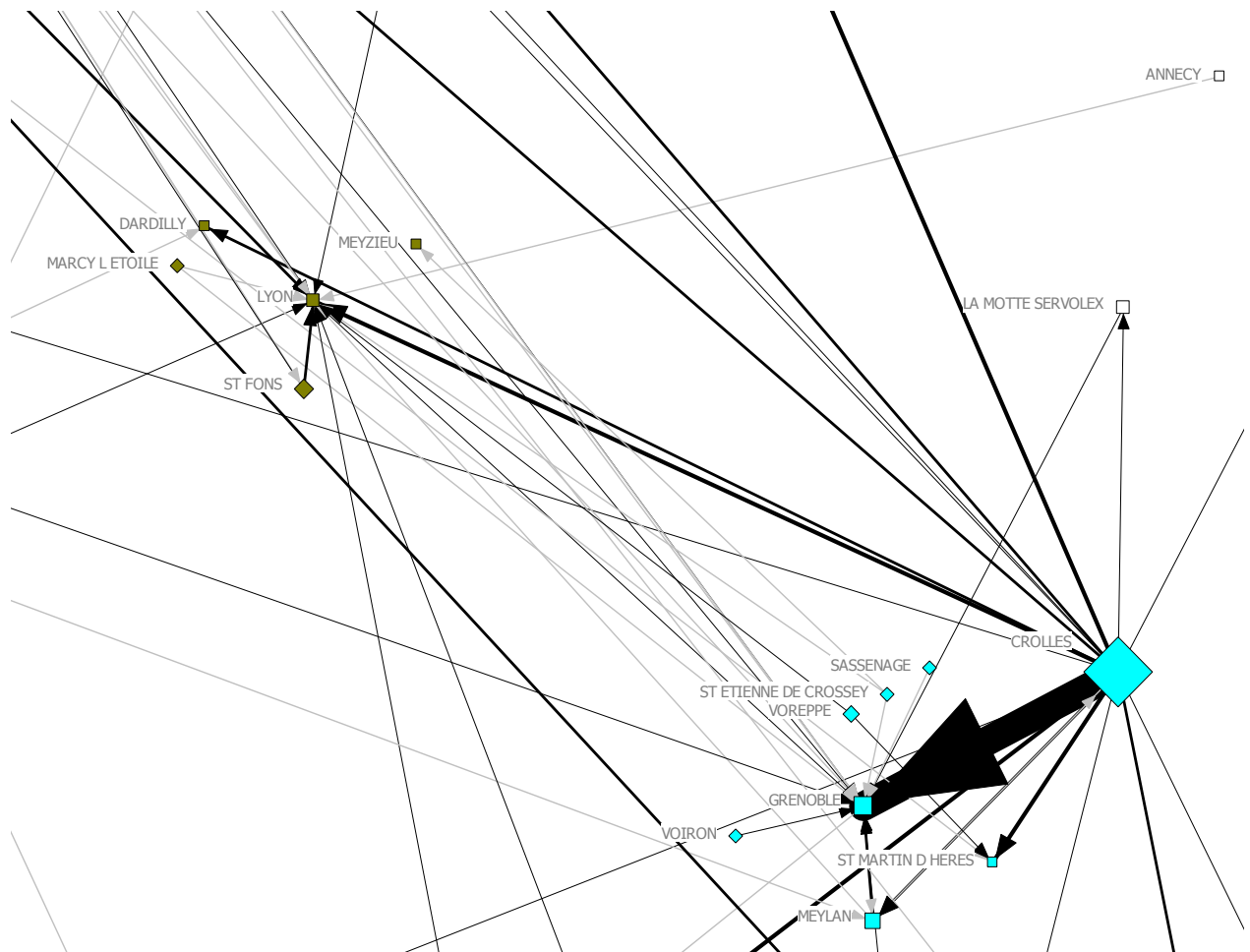
Plus à l'Ouest, Atochem, Atofina, Rhodia ou Elf constituent l'essentiel des acteurs industriels de la nanoscience situés à Saint-Fons. Ceux-ci reposent essentiellement sur des acteurs locaux de la recherche académique du cluster Lyonnais avec les chercheurs académiques (INSA Lyon, Claude Bernard, et CNRS), le laboratoire CNRS-Rhodia (St Fons) et dans une moindre mesure avec l'Institut Français du Pétrole situé à Vernaison ou le *Laboratoire des Matériaux Organiques à Propriétés Spécifiques* (CNRS) situé à Solaize. Une dynamique locale Marcy l'Etoile-Lyon existe aussi.

Il en va de même pour le cluster en Île-de-France avec la montée de publications au sein de villes non académiques au détriment des villes académiques (avec une résistance de Paris toutefois). :

La contribution académique des acteurs industriels de la nanoscience en Île-de-France est de dimension bien inférieure aux contributions faites par ceux situés dans le cluster grenoblois, mais concerne un nombre de villes bien plus important. Il est intéressant de voir que les entreprises de la nanoscience ne sont pas toujours situées à proximité des principaux lieux de production académiques de l'Île-de-France : elles appartiennent ainsi à la ceinture nord et est parisienne (Aulnay, Aubervilliers) ou à l'Ouest avec Nanterre, Elancourt, Maison Lafitte, Suresnes ou Saint Cloud. Ce sont cependant bien les villes d'Orsay, de Marcoussis et de Palaiseau qui dominent au sud. Ici, les firmes de ces villes de par leur nombre réussissent à développer des dépendances croisées vis-à-vis des laboratoires académiques locaux. En second lieu, ces firmes reposent sur des acteurs académiques complémentaires (Gif, Paris, Evry, Cachan). Enfin, les laboratoires de ces villes attirent bien des firmes situées aux alentours (Chilly Mazarin, Dourdan). Des liens locaux est-ouest existent dans la proche banlieue Sud dans laquelle Chatenay-Malabry ou Bagneux collaborent avec Saint-Cloud ou Vitry.

Les laboratoires de Paris peuvent proposer des solutions pour les acteurs industriels de banlieue avec des firmes dépendantes à Aubervilliers (avec Rhodia, Saint-Gobain ou Sanofi-Aventis), Nanterre (Arcelor, Areva, Arkema, Atilh, Clariant, Vivendi-Veolia, Shneider, Norsolor ou Saint-Gobain), Aulnay, Vincennes, Corbeil, Magny. Cependant, les firmes parisiennes peuvent reposer sur des acteurs de proche banlieue (Chatenay-Malabry, Villejuif...).

Graphique 16 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience à dominante industrielle, toutes requêtes confondues. Détail Rhône-Alpes

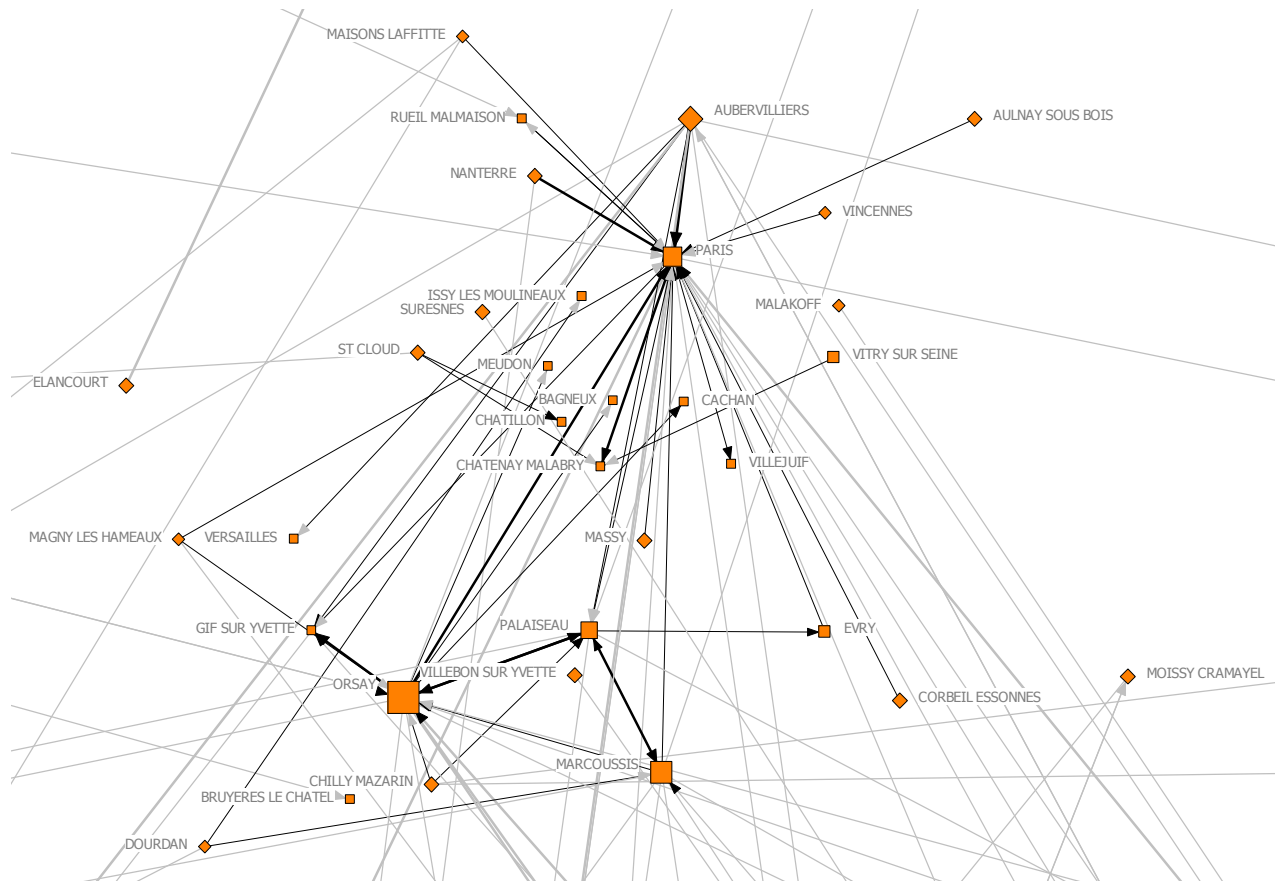


Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des nœuds représente la quantité des articles signés par des firmes françaises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Les carrés localisent les villes où la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). Les flèches représentent les co-publications entre les firmes de la ville de départ et ses partenaires de la ville d'arrivée et leur épaisseur signifie la quantité. Seulement les liens de 3 co-publications ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les villes isolées (après les filtres sont appliqués) ont été retirées.

En Île-de-France, l'ancrage local des firmes de la nanoscience est contingent : Suresnes ou Elancourt ne se repose pas en majorité sur des acteurs du cluster Ile de France même si des liens peuvent exister. En outre, les liens locaux sont souvent supplantés par des liens en dehors du Cluster Île-de-France: les entreprises collaborent relativement plus avec les provinces que ne le

font les entreprises de Crolles par exemple. Ainsi, en reprenant la carte de France, il apparaît clairement que les principales entreprises de la nanoscience d'Île-de-France situées au nord de Paris dépendent finalement plus des laboratoires de Nantes, Bordeaux, Toulouse, Montpellier et Grenoble que ces chercheurs d'île de France.

Graphique 17 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience a dominante industrielle, toute requêtes confondues. Détail Île-de-France



Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des nœuds représente la quantité des articles signés par des firmes françaises (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville. Les carrés localisent les villes où la nanoscience est dominée par les organismes publics de recherche. Les losanges localisent les villes où la nanoscience est dominée par les entreprises (>50% des articles). Les flèches représentent les co-publications entre les firmes de la ville de départ et ses partenaires de la ville d'arrivée et leur épaisseur signifie la quantité. Seulement les liens de 3 co-publications ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les villes isolées (après les filtres sont appliqués) ont été retirées.

L'analyse menée jusqu'ici est restreinte au niveau national. Les interactions nationales entre entreprises de la nanoscience et les laboratoires publics peuvent toutefois être surestimées puisque de nombreuses firmes de la nanoscience, étrangère ou non, peuvent se reposer en priorité sur des ressources académiques étrangères. La Table 14 montre que de nombreuses publications industrielles sont faites en partenariat avec des auteurs basés à l'étranger. Toutefois, le même tableau souligne que cette internationalisation est la plupart du temps inférieure à celle constatée

pour les publications académiques⁹. La présence de multinationales, Françaises ou étrangères ne semble pas représenter un élément décisif à l'internationalisation des collaborations académiques. Par exemple, les publications de Crolles, de Lacq, Moret-sur-Loing ne sont pas des plus internationalisées même si des sites comme Aulnay (PSA, L'Oréal), Vitry, Labège (Aventis), Avon (Saint-Gobain) ou Séméac (Alstom) le semblent plus.

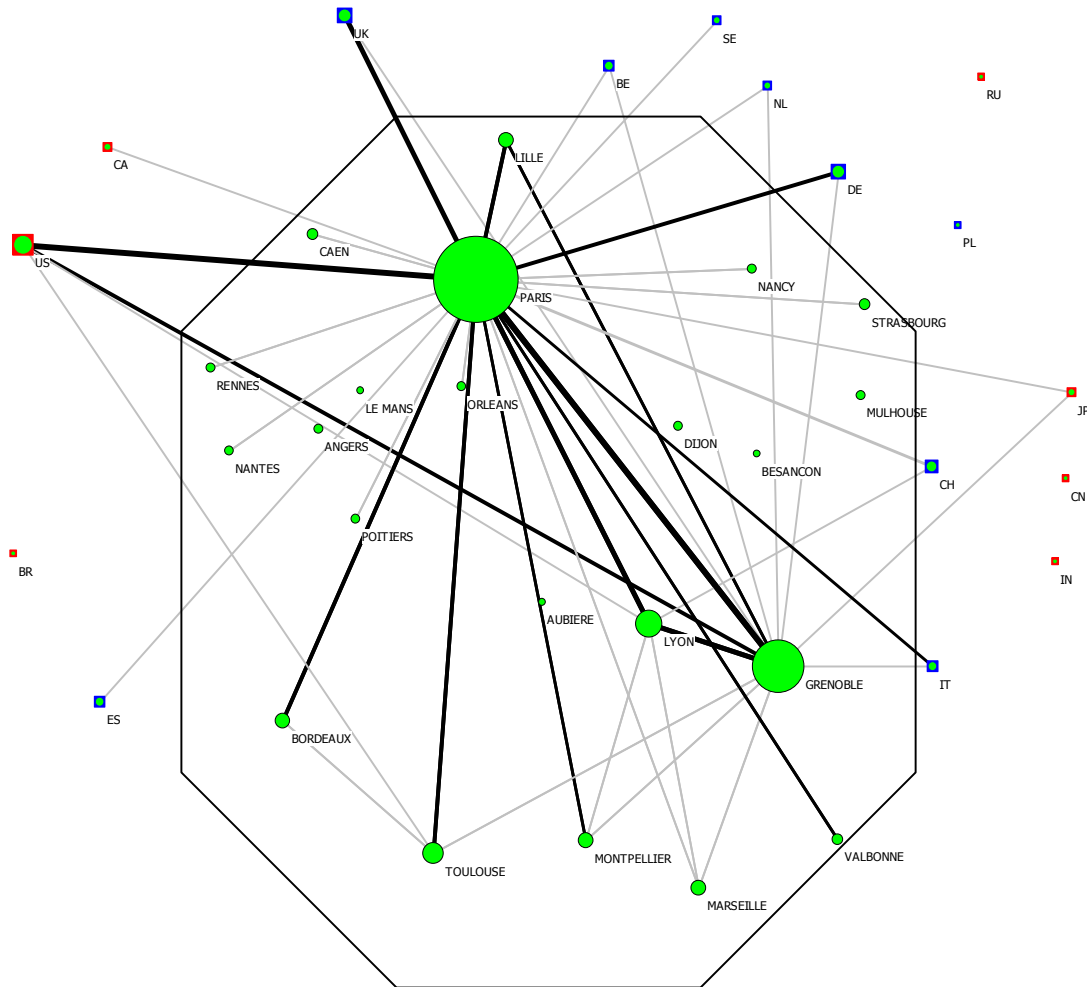
Table 14 : Internationalisation des publications en nanosciences, pour les principales villes de la nano-science, par type d'auteurs (1997-2008).

Cluster	Ville	Nombre de publications		Part des publications internationales	
		Ensemble	Faites par des firmes	Ensemble	Faites par des firmes
Grenoble	CROLLES	327	316	25%	25%
Grenoble	GRENOBLE	4029	52	62%	29%
Grenoble	MEYLAN	112	31	20%	13%
Grenoble	VOREPPE	17	17	24%	24%
Paris	ORSAY	2250	146	51%	48%
Paris	AUBERVILLIERS	113	73	35%	40%
Paris	MARCOUSSIS	704	73	44%	27%
Paris	PARIS	4180	61	49%	41%
Paris	PALAISEAU	671	43	47%	44%
Paris	VITRY SUR SEINE	139	20	50%	50%
Paris	NANTERRE	20	16	40%	38%
Paris	MASSY	20	15	55%	67%
Paris	VILLEBON SUR YVETTE	15	13	40%	38%
Paris	ELANCOURT	12	12	50%	50%
Paris	ST CLOUD	13	12	46%	42%
Paris	AULNAY-SOUS-BOIS	13	11	54%	64%
Paris	CHILLY MAZARIN	10	10	50%	50%
Paris	CORBEIL ESSONNES	10	10	10%	10%
Paris	EVRY	211	10	46%	50%
Paris	SURESNES	13	10	15%	20%
Lyon	ST FONS	30	28	33%	36%
Lyon	LYON	2167	18	45%	39%
Toulouse	TOULOUSE	1926	57	50%	37%
Toulouse	LABEGE	25	23	48%	43%
Marseille	ROUSSET	26	26	12%	12%
Marseille	MARSEILLE	1090	13	49%	38%
Hors Cluster	ARTIX	33	33	18%	18%
Caen	CAEN	509	28	47%	25%
Hors Cluster	MORET SUR LOING	26	25	38%	36%
Hors Cluster	MAIZIERES LES METZ	27	24	41%	38%
Hors Cluster	AVON	20	20	45%	45%
Hors Cluster	TOURS	106	17	53%	6%
Montpellier	MONTPELLIER	1634	14	52%	29%
Hors Cluster	SEMEAC	13	13	77%	77%
Nantes	NANTES	526	12	53%	25%
Strasbourg	STRASBOURG	1486	11	58%	55%
Valbonne	VALBONNE	306	11	39%	55%
Hors Cluster	FLORANGE	10	10	10%	10%
Hors Cluster	BERNAY	11	10	36%	40%
Hors Cluster	NIMES	12	10	50%	50%
Hors Cluster	METZ	230	10	55%	70%

Notes : Source Scopus (1997-2008). Les filiales étrangères domiciliées en France sont aussi considérées. Seulement les villes avec 10 articles signés par des firmes ou plus sont gardées.

⁹ Ce ratio est certainement biaisé vers le haut en raison de la participation de ces firmes à des consortia européens financés par la commission européenne.

Graphique 18- Réseau inter-cluster et international des copublications en nanoscience industrielle, toutes les requêtes confondues.



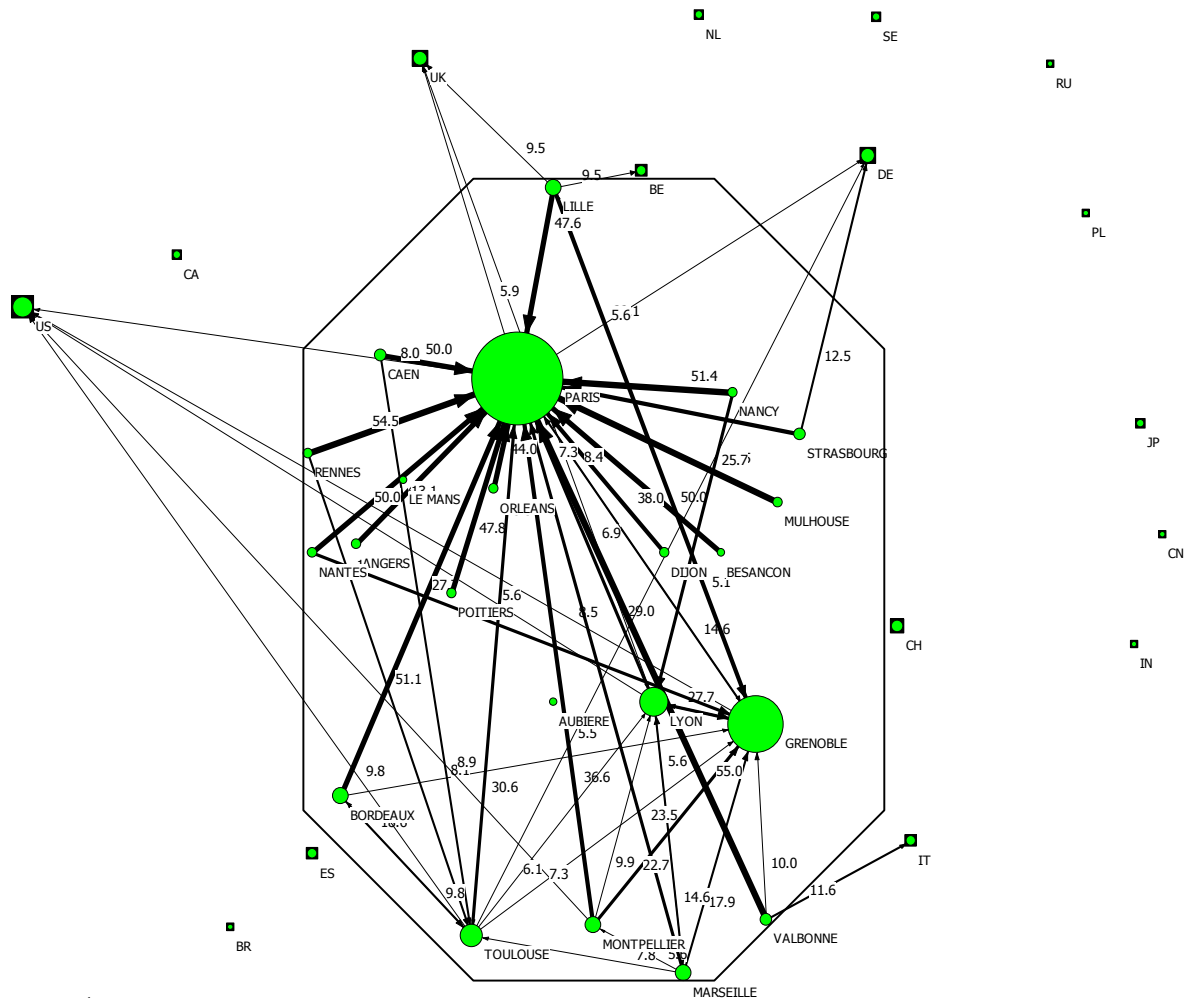
Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). Les ronds représentent les clusters français et les ronds encadrés leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Seulement les partenaires étrangers avec 300 articles copubliés avec un partenaire français sont gardés. L'épaisseur des traits mesure la quantité des copublications ayant au moins une firme française entre clusters et pays. Seulement les liens de 10 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points (clusters ou pays) isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Une analyse au niveau des clusters complète ces résultats.

Le Graphique 18 rappelle que nombre de publications industrielles demeurent nationales et que seuls quelques clusters industriels copublicent de manière significative avec des chercheurs ou des

entreprises étrangères. Ce graphique nous permet aussi de montrer la structure en étoile du réseau de publications industrielles : Paris occupe ici une position centrale confirmée par les liens noués au niveau international. Seul Grenoble rivalise quelque peu alors que Lyon a peu de liens académiques avec l'étranger. À remarquer de manière intéressante, Lille qui copublice avec le cluster grenoblois.

Graphique 19- Réseau inter-cluster et international en parts de copublications industrielles en nanoscience, toutes les requêtes confondues.

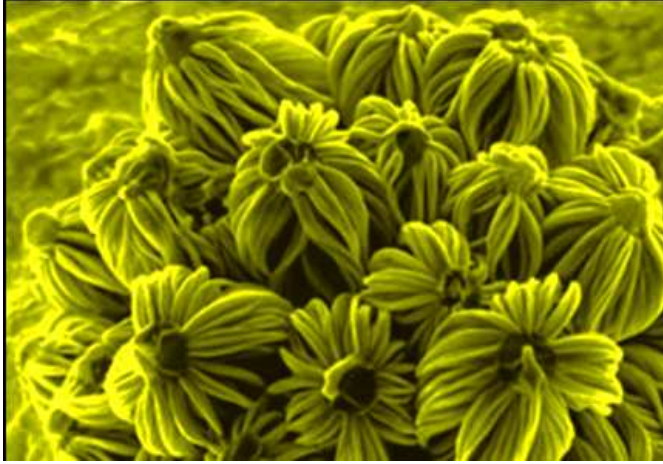


Notes : Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). Les ronds représentent les clusters français et les ronds encadrés leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Seulement les partenaires étrangers avec 300 articles copublicés avec un partenaire français sont gardés. L'épaisseur des traits mesure l'intensité des copublications ayant au moins une firme française entre clusters et pays. Seulement les liens de 10 articles ou plus sont gardés. Pour une meilleure lisibilité, les points (clusters ou pays) isolés (après les filtres sont appliqués) ont été retirés.

Le Graphique 19 souligne une fois de plus la primauté du réseau national sur le réseau international. Le constat est d'autant plus fort pour les entreprises qui finalement ne copublicent que très peu avec l'étranger et relativement moins avec l'outre-atlantique. Le graphique suggère aussi qu'une publication industrielle strasbourgeoise sur huit est faite avec l'Allemagne. Seul

Valbonne entretient des liens aussi intenses avec l'Italie. Au niveau national, ce graphique souligne aussi que Grenoble réussit à copublier des articles avec des chercheurs de Lille, Nantes, Montpellier ou Marseille rappelant l'importance des proximités disciplinaires au sein de ces collaborations.

Page blanche



LA NANOTECHNOLOGIE : ACTEURS ET RESEAUX

Page blanche

L'analyse des acteurs de la nanotechnologie française repose sur la comptabilisation et la valorisation des inventions faites dans le domaine.

L'identification de l'inventivité française repose essentiellement sur les données de brevets disponibles. Il est en effet à notre connaissance impossible d'opérer une comptabilité de déclarations d'inventions réalisées au sein de chaque organisme de recherche ou chaque entreprise. Certes, la propension à breveter des organismes peut varier grandement : des PMI-PME ont plus de difficultés à utiliser le système de DPI que les grandes entreprises ou bien encore, les politiques de valorisations des organismes de recherche publique peuvent sensiblement varier. Cependant, les brevets demeurent un outil privilégié dans la mesure où ils sont publics et d'autre part, ils permettent de sélectionner les inventions dont la valeur marchande est jugée suffisamment grande pour être protégée.

La source de données utilisée ici sera la base fournie par l'Office des Brevets Européens (EPO) connue sous le nom de PATSTAT¹⁰, version octobre 2008. Cette base de publications des brevets contient les brevets déposés et publiés par divers offices nationaux et internationaux. Dans l'optique de ce rapport, un sous-ensemble a été spécialement créé contenant seulement les familles des brevets déposés auprès de l'EPO et de l'United States Patent and Trademarks Office (USPTO).

L'utilisation de données brevets pose cependant de nombreuses difficultés.

- Tout d'abord, elle entraîne un problème de définition de la technologie considérée (ici la nanotechnologie). La circonscription des inventions de nanotechnologie peut-être faite à partir de nomenclatures préexistantes (classes définies par des experts sur les classes de brevets, nouvelles classes « Y01N » dans la nomenclature européenne¹¹ ou, de manière différente, établie de manière bottom-up à partir des données disponibles (liste de chercheurs en nanosciences par exemple). Elle peut comme nous l'avons souligné dans la première partie se reposer sur une recherche lexicale (sur titre, abstract...) similaire à celles utilisées pour les articles scientifiques. Une troisième solution consiste à opérer une définition *ex ante* de la technologie à travers les codes IPC attribués par les experts. Cependant, si cette démarche a été faite pour la biotechnologie (Voir Lhuillery et *al.*, 2006), elle n'a pas été utilisée à notre connaissance pour la nanotechnologie.

- L'utilisation de données brevets pose aussi un problème de comptage. Nous proposons ici d'éviter le double comptage des brevets déposés simultanément dans deux offices de propriété intellectuelle, l'unité d'analyse considérée étant la famille des brevets. Les brevets liés par une ou plusieurs demandes de priorité (priority claims) dans le même ou dans un autre bureau de brevets seront considérés comme faisant partie d'une même famille homogène de brevets. Cette analyse nous permettra tout particulièrement de cerner de manière précise si inventions et dépôts ont l'inventions sont des processus internationaux.

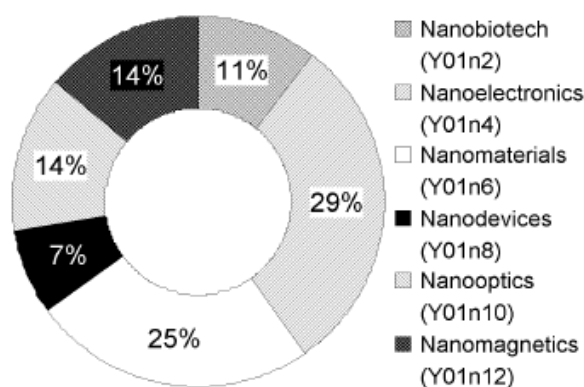
¹⁰ Worldwide Patent Statistical Database

¹¹ ainsi que dans la classe 977 *Nanotechnology* du système de classification américain.

L'identification des brevets de nanotechnologie est une étape intéressante, mais trouve sa justification dans les analyses plus poussées qu'elle permet. La spécialisation des acteurs de la nanotechnologie, leurs réseaux, le poids de la recherche publique, la valeur des brevets nano sont autant de thèmes déjà explorés ou évoqués à propos des articles académiques et que nous retrouvons ici :

- L'analyse de la nanotechnologie nécessite une segmentation plus fine définissant de manière précise les différents champs de la nanotechnologie. Différentes approches sont possibles ici et côtoient celle la plus souvent utilisée qui est basée sur la nouvelle nomenclature Y pointant les inventions en nanotechnologies (Voir Graphique 20 et Meyer, 2007; Hulman, 2007 sur ce point).

Graphique 20: Distribution des sous-classes des brevets Y01N de l'EPO en 2006



Source Hullman, (2007)

- Tout comme les publications académiques, les brevets peuvent être le reflet d'une combinaison de compétences nationales ou internationales. La présence d'inventeurs domiciliés à l'étranger parmi les inventeurs d'un brevet nanotech dans lequel au moins un inventeur est domicilié en France permet de pointer les organismes appartenant à des réseaux internationaux de nanotechnologies ainsi que les relations nouées (coinventions, mais aussi codépôts).

- La valorisation d'un brevet est une étape délicate à laquelle l'analyse est confrontée. Comment distinguer une invention sans intérêt commercial d'une autre qui est prometteuse ? Comment identifier des inventeurs ou les laboratoires leaders ? Plusieurs méthodes sont généralement utilisées ici :

- Les citations : l'analyse concerne aussi bien les citations faites que les citations reçues.
- L'étendue des marchés visés : approximée par le nombre de dépôts à l'étranger.
- La durée d'entretien des brevets déposés.

Les deux premières approches sont les plus simples et seront privilégiées dans la mesure où les données relatives à l'entretien des brevets ne sont pas aisément disponibles (les travaux en cours au CEMI ne sont pas assez avancés pour permettre cette analyse).

D'autres données existent. Les enquêtes R&D ou même les enquêtes nanotech (faite en Italie par exemple¹²) permettent a priori de cerner les capacités nationales des entreprises de nanotech. Toutefois, ces données peuvent permettre de cerner les inputs ou les outputs des activités d'innovation de ces entreprises, mais difficilement de quantifier la part de ces activités consacrée aux seules nanotechnologies. En France, l'enquête R&D sur les entreprises permet depuis quelques années de comptabiliser les dépenses de R&D en nanotechnologie des firmes de R&D (Voir Table 1). Le secret statistique ainsi que l'impossibilité de localiser où sont faites ces activités de R&D nanotech nous ont détournés de l'utilisation de ces enquêtes annuelles.

La mise à disposition par les différentes instances locales, nationales ou internationales aidant les entreprises au titre de la nanotechnologie serait aussi un plus pour mieux circonscrire la branche de la nanotechnologie français. Pour des raisons de délais d'obtention de ces données, nous nous sommes concentrés sur les données brevet.

Cette seconde partie revient tout d'abord sur la méthodologie utilisée pour circonscrire les brevets nanotech. Elle s'intéresse ensuite à l'identification et la caractérisation des acteurs de la nanotechnologie pour laisser la place à une analyse des réseaux de la nanotech. La structure de cette partie est similaire à celle de la première partie. Afin d'éviter des redondances inutiles avec la première partie, nous proposons au sein de cette seconde partie de confronter dans nos commentaires la nanotechnologie à la nanoscience.

Méthodologie pour identifier des réseaux technologiques

Plusieurs études ont essayé de mesurer la production d'invention dans le domaine de la Nanotechnologie Ces études ont utilisé des approches méthodologiques similaires à celles utilisées pour les articles scientifiques. Les méthodes utilisées pour les brevets sont listées au sein de la Table 3 (lignes grisées). Comme pour les articles, les méthodes les plus répandues sont les requêtes lexicales, lesquelles peuvent contenir quelques dizaines des termes ou mêmes centaines.

Comme il est montré dans la Table 4 (lignes grisées), plusieurs études scientifiques se sont basées sur certaines de ces méthodes pour délimiter le champ de la nanotechnologie. La principale difficulté dans l'analyse des résultats issus de cette littérature vient de l'utilisation de méthodes tellement différentes ne permettent pas toujours leurs comparaisons.

Comme pour les articles scientifiques, la circonscription des brevets nanotech, nous proposons

¹² La Commission Commerciale italienne, Platinum Sponsor de Nanotechnologie 2008, a identifié plus de 185 entreprises privées, instituts, centres de recherche... dédiés à la recherche sur les nanotechnologies et à son développement (Enquête Nanotechnologie IT de recensement de la nanotechnologie en Italie, menée en 2006 par Airi (Association italienne pour la recherche industrielle).

de comparer les différentes méthodes utilisées. À la différence toutefois que dans le cas des brevets nanotech, une méthode supplémentaire s'ajoute à celle déjà connue et appliquée aux articles : Il s'agit de la reclassification des brevets en code Y par les examinateurs des offices de brevets (Voir Scheu et al, 2006).

La Table 15 et la Table 16 montre que le recouvrement entre méthodes lexicales sont parfois faibles. Elles soulignent aussi que la nouvelle nomenclature Y dite « nanotech » offre également un ensemble restreint de brevets par rapport aux autres méthodes lexicales (46%).

Nous rencontrons donc le problème de circonscription similaire à celui rencontré pour la nanoscience. Sans prétendre résoudre cette difficulté méthodologique, nous pouvons conserver la définition la plus large comme base de travail. Le Graphique 21 montre les conséquences d'un tel choix et souligne le rôle de certaines définitions dans l'inflation des inventions au cours du temps.

Table 15 - Intersection de familles des brevets récupérées par paire de définitions de Nanotechnologie utilisées (PATSTAT 1990-2007) (Fréquences)

	Braun	CWTS	Glanzel	Huang	Kostoff	Meyer	Mougoutov	Porter	ISIF	Toutes RL	Y01N	Toutes Requêtes
Braun	1,005	851	944	990	694	932	989	1,002	868	1,005	335	1,005
CWTS	851	1,256	822	851	600	796	904	874	837	1,256	346	1,256
Glanzel	944	822	998	942	670	933	955	954	851	998	342	998
Huang	990	851	942	993	693	933	991	990	861	993	334	993
Kostoff	694	600	670	693	1,435	653	702	705	1,062	1,435	317	1,435
Meyer	932	796	933	933	653	933	933	932	815	933	317	933
Mougoutov	989	904	955	991	702	933	1,513	1,004	922	1,513	342	1,513
Porter	1,002	874	954	990	705	932	1,004	1,690	913	1,690	357	1,690
ISIF	868	837	851	861	1,062	815	922	913	1,817	1,817	445	1,817
Toutes RL	1,005	1,256	998	993	1,435	933	1,513	1,690	1,817	3,692	489	3,692
Y01N	335	346	342	334	317	317	342	357	445	489	1,068	1,068
Toutes Requêtes	1,005	1,256	998	993	1,435	933	1,513	1,690	1,817	3,692	1,068	4,271

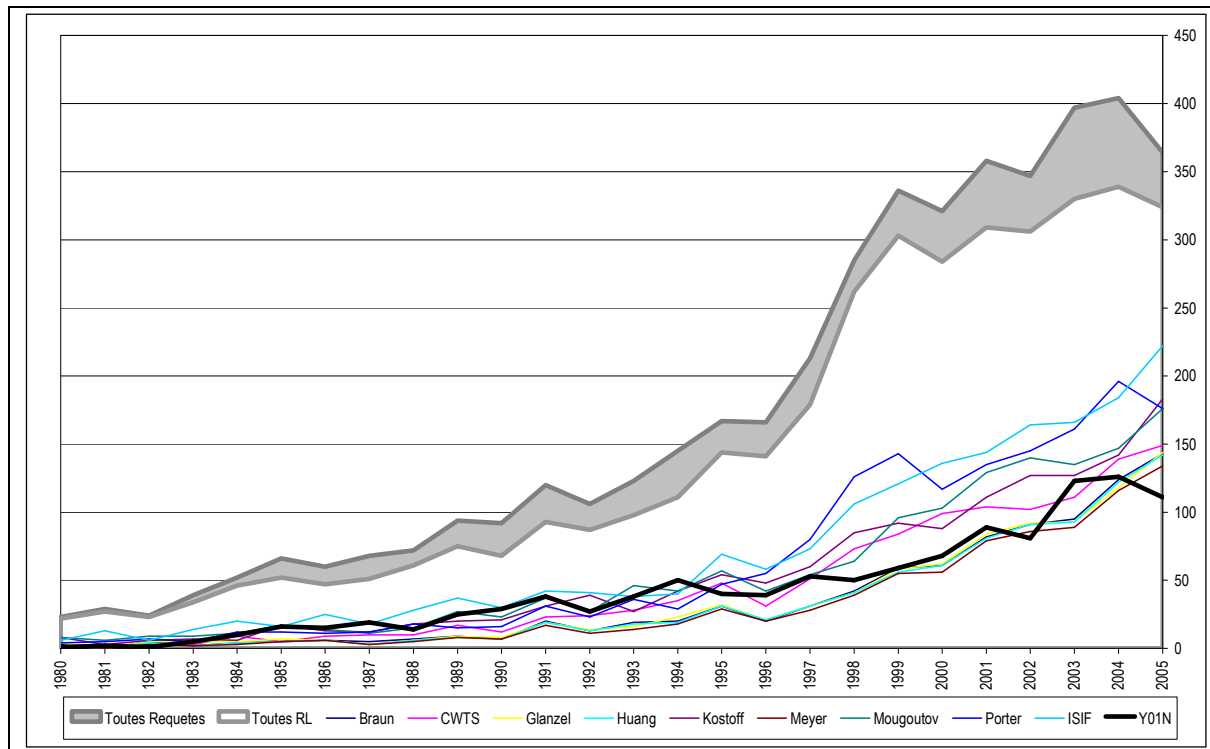
Elaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*), la couverture des données décline à partir de 2005 par le décalage entre le dépôt et la publication des brevets. RL= Requêtes Lexicales.

Table 16 - Intersection de familles des brevets récupérées par paire de définitions de Nanotechnologie utilisées (PATSTAT 1990-2007) (% de Ligne \cap Colonne / Ligne)

	Braun	CWTS	Glanzel	Huang	Kostoff	Meyer	Mougoutov	Porter	ISIF	Toutes RL	Y01N	Toutes Requêtes
Braun	100%	68%	95%	100%	48%	100%	65%	59%	48%	27%	31%	24%
CWTS	85%	100%	82%	86%	42%	85%	60%	52%	46%	34%	32%	29%
Glanzel	94%	65%	100%	95%	47%	100%	63%	56%	47%	27%	32%	23%
Huang	99%	68%	94%	100%	48%	100%	65%	59%	47%	27%	31%	23%
Kostoff	69%	48%	67%	70%	100%	70%	46%	42%	58%	39%	30%	34%
Meyer	93%	63%	93%	94%	46%	100%	62%	55%	45%	25%	30%	22%
Mougoutov	98%	72%	96%	100%	49%	100%	100%	59%	51%	41%	32%	35%
Porter	100%	70%	96%	100%	49%	100%	66%	100%	50%	46%	33%	40%
ISIF	86%	67%	85%	87%	74%	87%	61%	54%	100%	49%	42%	43%
Toutes RL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	46%	86%
Y01N	33%	28%	34%	34%	22%	34%	23%	21%	24%	13%	100%	25%
Toutes Requêtes	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Elaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*), la couverture des données décline à partir de 2005 par le décalage entre le dépôt et la publication des brevets. RL= Requêtes Lexicales.

Graphique 21 - Familles des brevets déposés par des Français dans le domaine de la Nanotechnologie par définition employée et par année



Elaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2005*), la couverture des données décline à partir de 2005 par le décalage entre le dépôt et la publication des brevets. RL= Requetes Lexicales. L'aire grise représente la différence entre Toutes Requetes et Toutes Requetes Lexicales (RL).

Page blanche

Les acteurs de la nanotechnologie française

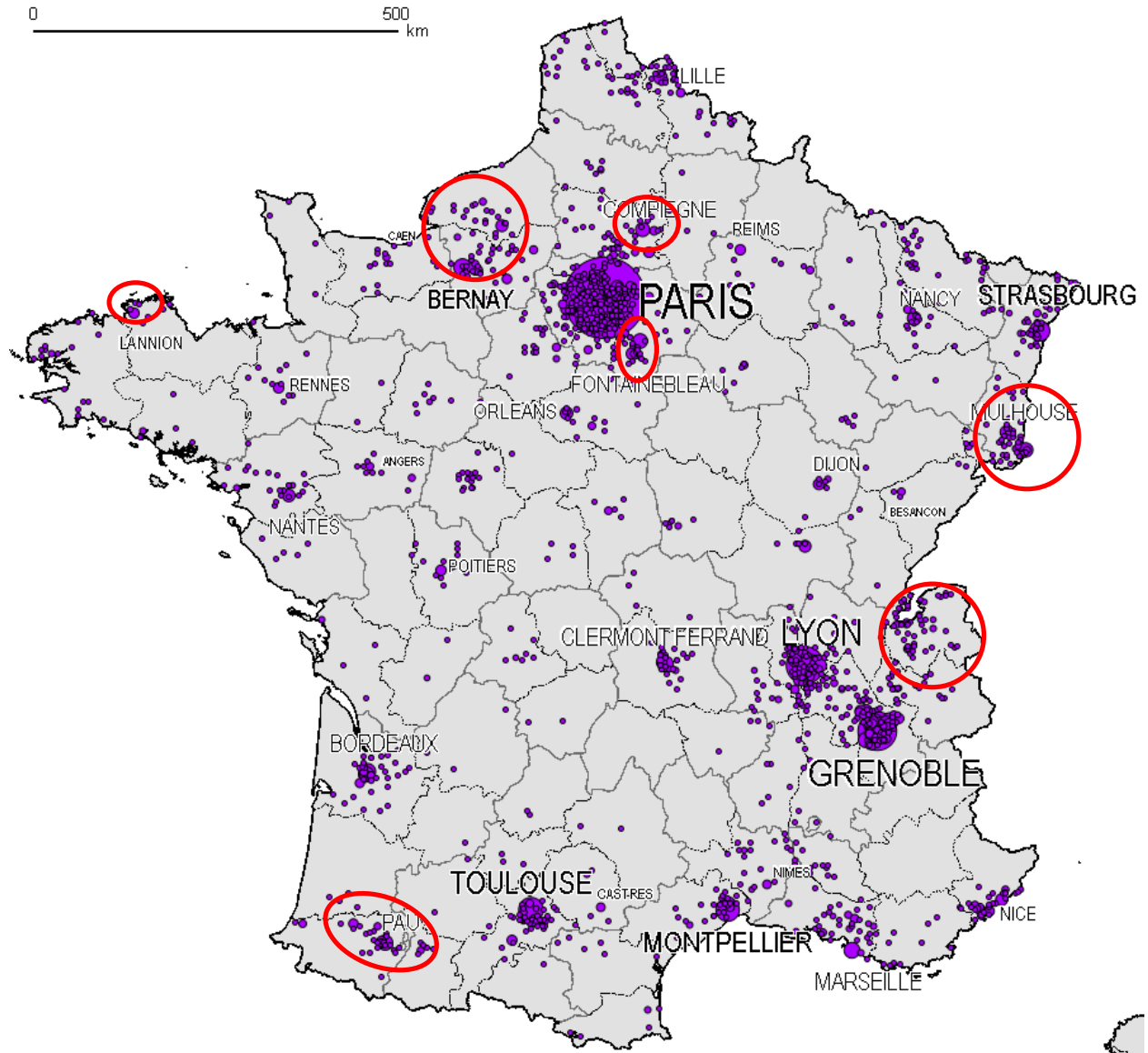
Nous reprenons ici la structure de la partie précédente. Toutefois, nous ne nous contentons pas ici de répliquer l'analyse à partir des données de brevets : nous opérons une comparaison entre les résultats des nanotechnologies et des nanosciences.

La localisation des inventions et son adéquation aux lieux de production de la nanoscience

La localisation des différents inventeurs en nanotechnologie sur le territoire français souligne en premier lieu que les inventeurs sont plus dispersés que les auteurs académiques. Si les entreprises de la nanoscience se situaient essentiellement au sein des clusters ou dans certaines zones historiques, il n'en va pas de même avec les inventeurs qui sont bien plus dispersés au niveau de l'hexagone. Cependant, même si la concentration géographique des firmes est moindre que celle des chercheurs académiques, la plupart des inventeurs sont localisés au sein des zones urbaines importantes et mieux encore au sein de villes académiques. Ainsi, la carte souligne l'existence d'une hiérarchie similaire à celle constatée pour les publications académiques : Paris, Grenoble et Lyon dominent, suivis par des zones géographiques telles que Toulouse, Bordeaux ou Strasbourg. Une relative faiblesse du grand ouest et certaines zones identifiées par la nanoscience industrielle telles que la vallée normande de la Seine, la région de Pau (Lacq), le sud de la vallée du Rhône, le Nord Lorrain se retrouve ici. La zone Chambéry-Annecy qui concentre une industrie inventive et qui ne se retrouve pas au sein de la nanoscience industrielle. De même, Lannion ou Mulhouse semble rassembler un nombre conséquent d'inventeurs compte tenu de son poids dans la nanoscience.

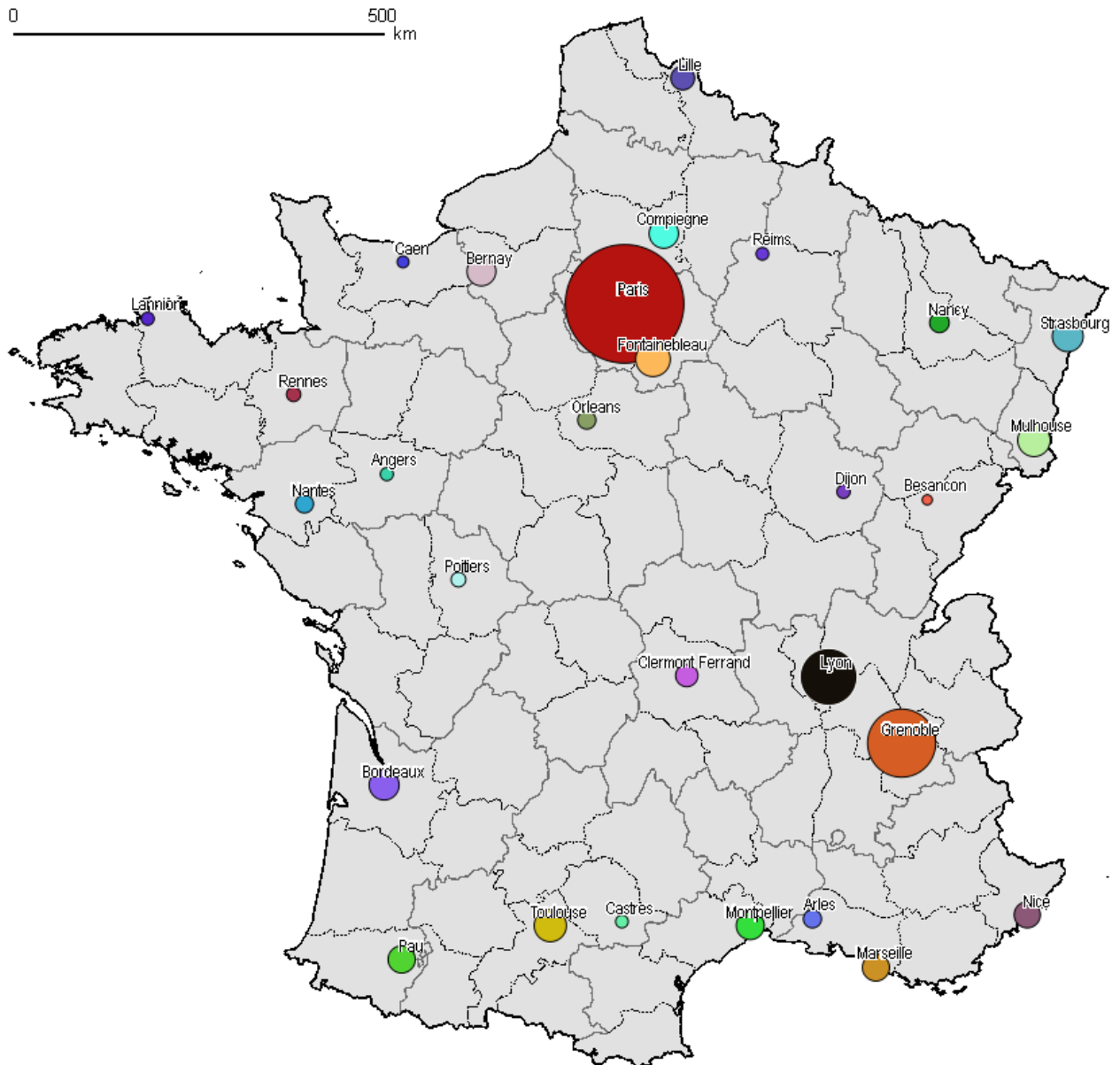
Une analyse plus poussée du cas de l'Île-de-France confirme la domination de l'Ouest et plus encore du Sud-Ouest parisien. Cette localisation montre une certaine similitude géographique entre la localisation des acteurs des nanosciences et des nanotechnologies. Toutefois, une part non négligeable des brevets sont le fait d'inventeurs situés plutôt au Nord-Ouest de Paris avec des villes telles que Chatou, Rueil, Colombes ou Clichy dans lesquelles les laboratoires publics sont assez absents, mais où sont présentes des entreprises de nanoscience. Enfin et surtout, les zones de Fontainebleau et surtout de Compiègne ressortent alors qu'elles étaient relativement absentes au niveau des publications académiques.

Carte 15 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes confondues



Elaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*), la couverture des données décline à partir de 2005 par le décalage entre le dépôt et la publication des brevets. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (toutes les requêtes confondues) au niveau de la ville.

Carte 17 - Nano-Clusters selon brevets dans le domaine de la Nanotechnologie



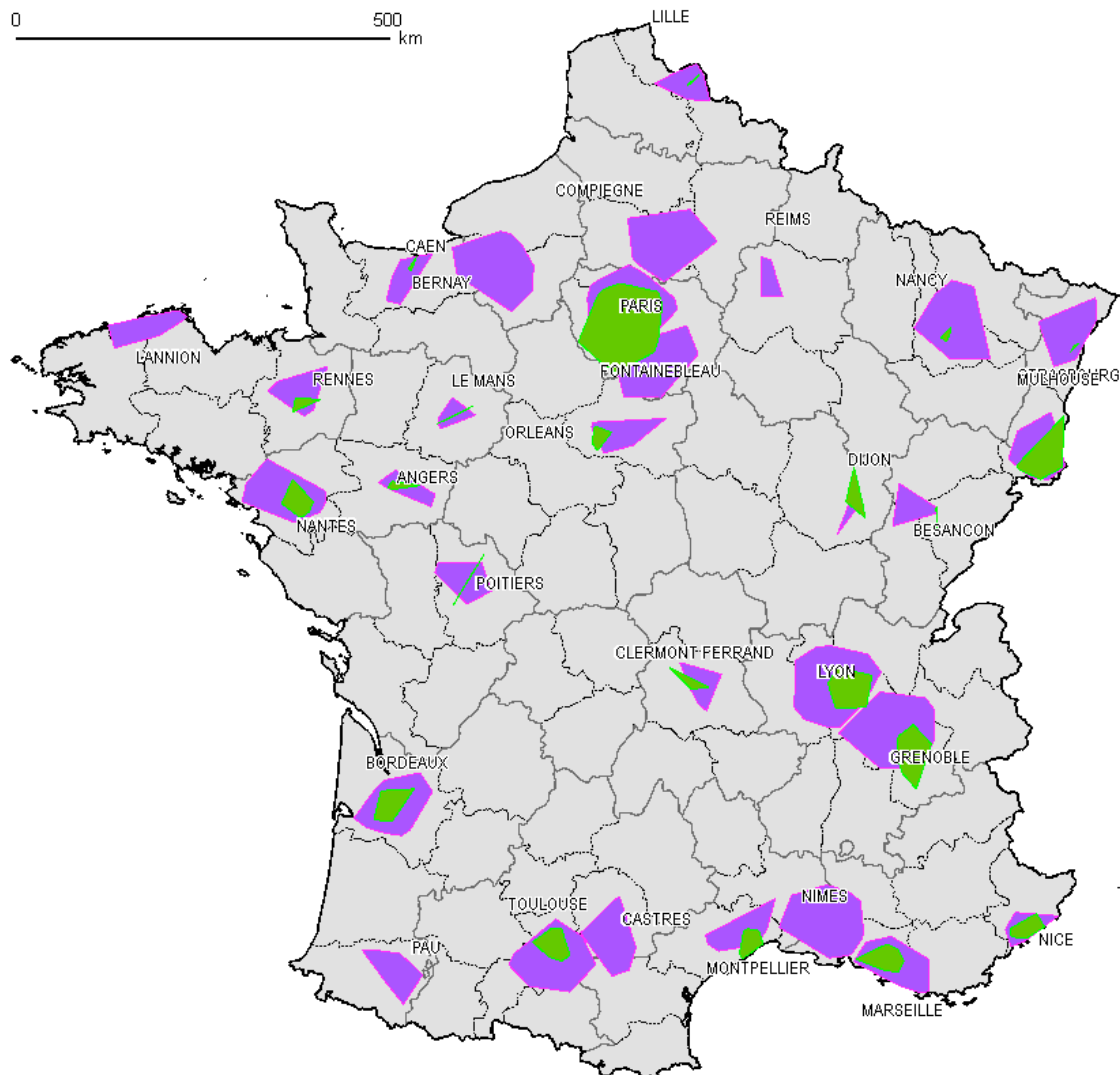
Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*), la couverture des données décline à partir de 2005 par le décalage entre le dépôt et la publication des brevets. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. La taille des bulles représente la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques.

Une carte reprenant une approche en termes de cluster confirme ce diagnostic tout en permettant de hiérarchiser les principales agglomérations d'inventeurs nanotech. Cette approche nous permet de confirmer une certaine similitude avec la hiérarchie établie pour la nanoscience. Toutefois, des zones telles que Mulhouse, Fontainebleau où Compiègne¹³, Bernay, Pau ou même

¹³ Les cas de Fontainebleau et Compiègne ont été traités avec précaution puisque la définition des clusters fusionne les inventeurs

Arles ont une importance bien supérieure à celle conférée par l'analyse bibliographique. Des villes comme Reims ou Castres ressortent pour la première fois dans l'analyse. Le manque de brevets et la dispersion des inventeurs entraînent la disparition du Mans, l'absence renouvelée de clusters tels que Tours ou Limoges.

Carte 18 – Couverture géographique des clusters de nanotechnologie et de nanoscience, toutes les requêtes confondues



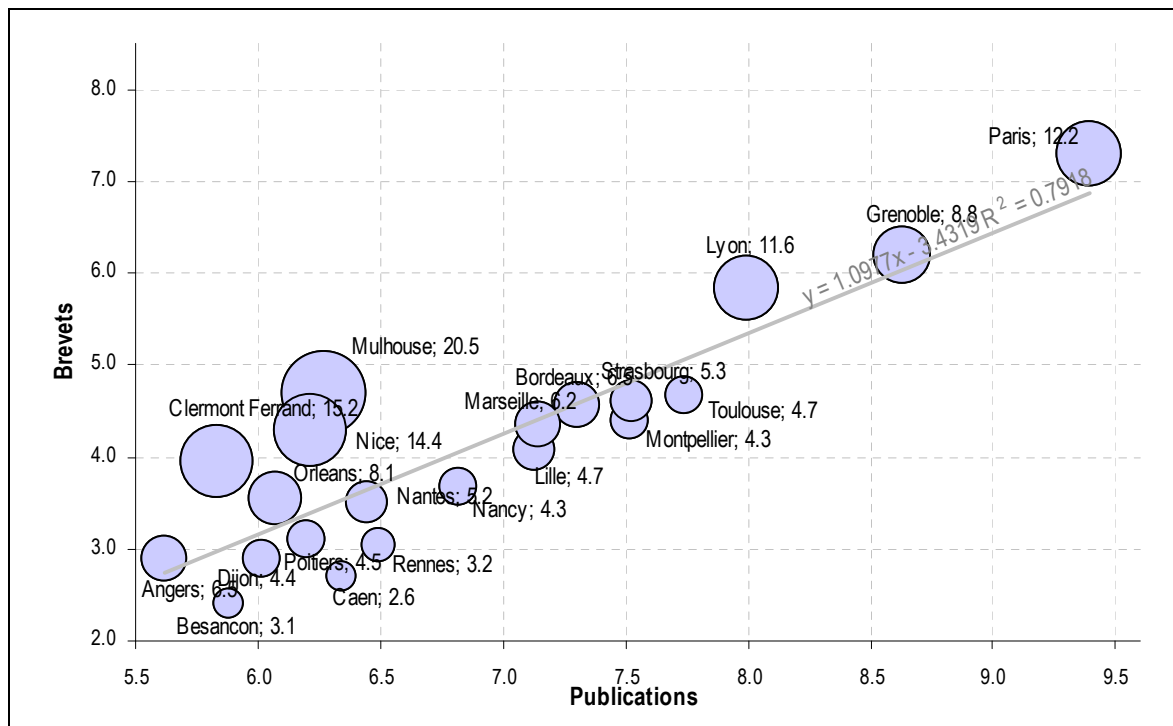
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008) et PATSTAT (1990-2007*). Toutes les requêtes confondues appliquées aux deux sources. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les polygones représentent les surfaces (convexes) des villes appartenant aux clusters scientifiques (vert) et technologiques (mauve).

situés 50 km à la ronde. Des lors, des inventeurs peuvent appartenir aux deux clusters. En outre on peut difficilement considérer les inventeurs de ces villes comme contribuant aux entreprises locales alors que ces inventeurs peuvent travailler à Paris par exemple. Afin de limiter le problème du double comptage, les inventeurs en double sont attribués au cluster le plus proche. De même nous avons vérifié manuellement la présence de points d'ancrage dans les zones de non-recouvrement.

Une approche en termes de cluster permet de noter la convergence des approches en termes de nanosciences et nanotechnologie. À part quelques cas, les compétences sont dans les deux cas agglomérées au sein des principales villes disposant de compétences académiques. La colocation auteur-inventeur ne signifie par pour autant une homogénéité des liens science-industrie au sein de ces clusters géographiques.

Les cartes suggèrent ainsi que le niveau d'industrialisation est un facteur important de la présence d'inventeurs en nanotechnologie. Ainsi, les villes de Languedoc-Roussillon ou du Nord PACA se retrouvent déclassées par rapport à leurs poids en termes de recherche académique. A contrario, cette même carte souligne la présence d'industries là où peu de laboratoires académiques sont présents.

Graphique 22 : Articles et inventions, par cluster



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008) et PATSTAT (1990-2007*). Toutes les requêtes confondues appliquées aux deux sources. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Échelle X et Y en logarithmes : pente de 1% de publications académiques supplémentaires va correspondre à 1.09% de brevets supplémentaires¹⁴. La taille des bulles représente le ratio de publications par famille de brevets.

La dispersion des industries autour des grandes villes explique aussi la plus grande étendue couverte par les clusters nanotech¹⁵. Afin d'explicitier la dispersion des inventeurs par rapport à

¹⁴ Rien ne dit cependant qu'il y a un lien de cause à effet entre les recherches en nanosciences menées sur place et le nombre d'inventions nanotech déposées.

¹⁵ Ici encore, la différence est peut-être un artefact : les clusters nanotech sont basés sur les adresses personnelles alors que ceux de la nanoscience sont basés sur les adresses des organismes de recherche. Toutefois, nous supposons que les auteurs et les inventeurs habitent pour des raisons de coût le plus près possible de leur lieu de travail. Dans les cas de Compiègne ou

celle des chercheurs, nous proposons de superposer les zones couvertes par les clusters identifiés en nanotechnologies et en nanosciences.

Cette approche souligne en premier lieu la continuité des zones plutôt qu'elle ne valide une approche en termes de zone urbaine. Ainsi, se dégagent des continuums intéressants entre Toulon et Montpellier, une distinction géographique fictive des clusters nanotech de Lyon et de Grenoble, de Castres et de Toulouse, un continuum Nord-Sud en Île-de-France allant de Compiègne à Fontainebleau. La définition adoptée pour les clusters nous empêche de cerner précisément leur étendue. Toutefois, nous pouvons constater que dans de nombreux cas, nous ne trouvons pas l'étendue maximale du cluster (50 km) suggérant que les compétences inventives sont géographiquement polarisées et ne couvrent certainement pas des zones géographiques très importantes¹⁶.

Lorsque les zones de la nanoscience sont considérées, les écarts sur les surfaces couvertes montrent des différences entre ceux qui ont une nanoscience et une nanotechnologie étendue (Paris, Mulhouse), des clusters nanotechs avec des centres très concentrés de production académique (Strasbourg, Nancy, Lille, Besançon) ou des clusters nanotech sans recherche académique notable (Pau, Bernay, Lannion, Arles).

La confrontation nanoscience-nanotechnologie montre aussi l'hétérogénéité du nombre d'inventions faites au sein d'un cluster par rapport au nombre d'articles scientifiques publiés par les chercheurs de ce même cluster. Le Graphique 22 souligne que certains clusters tels que Clermont-Ferrand, Mulhouse, Nice, Lyon, Paris et dans une moindre mesure, Grenoble, Orléans ou Angers offrent une inventivité relativement plus importante que les autres clusters compte tenu de la production de connaissances académiques faite sur place. Le graphique suggère donc que la taille ou même l'industrialisation de la zone n'est pas un avantage certain dans cette relation (linéaire) puisque Toulouse, Montpellier ou Lille sont en dessous de la moyenne sans atteindre toutefois la rareté des brevets de clusters comme Besançon, Caen ou Rennes. On a donc pour une production académique équivalente à Caen et à Mulhouse, 8 fois plus d'invention au sein du cluster sud alsacien.

Le cas de Besançon mérite d'être souligné ici : si nous avons signalé au sein de la première partie la production autarcique des connaissances, force est de constater qu'elles ne correspondent pas plus à un nombre important d'inventions locales. Ce résultat semble décevant au regard de l'implantation d'organismes publics pointus (Université, FEMTO-ST, École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques, le centre de transfert des Micro et nanotechnologies (CTMN)). L'explication de la faiblesse de Besançon reste cependant délicate. Contrairement à Clermont-Ferrand, Besançon n'a pas de point d'ancrage industriel fort capable d'assurer des dépôts massifs dans le domaine (FCI Besançon semble ici la plus grosse entreprise). Une autre explication repose sur l'incapacité des requêtes et examens à identifier les inventions faites à Besançon comme relevant de la nanotechnologie. Enfin, une dernière possibilité repose sur l'idée que les transferts de connaissance (s'il y a) reposent essentiellement

Fontainebleau par exemple, nous supposons que les migrations quotidiennes vers la capitale ne sont pas dominantes (ce que confirme l'analyse des zones d'emploi de l'INSEE pour ces villes).

¹⁶ Des zones telles que Grenoble ou Arles sont trop étendues par rapport à leur vraie couverture géographique. La présence de Montagne ou de mer explique ce biais à la hausse dans la méthode.

sur des transferts de connaissance tacite sur ces procédés et que des moyens alternatifs d'appropriation sont utilisés par les acteurs locaux (secret) qui sont des micro entreprises ou des PMI-PME.

Une analyse de l'évolution du nombre de brevets déposés montre quels sont les clusters qui ont le plus participé à l'essor des brevets de nanotechnologie en France. Nous retrouvons ici le déclin de Paris au profit de la province et le rôle important joué par des villes comme Grenoble, Lyon, Mulhouse ou Strasbourg au cours des années 90. Face à la décélération de l'inventivité constatée entre les deux dernières périodes¹⁷, Grenoble, Mulhouse offrent encore des évolutions supérieures à la moyenne nationale.

Table 17 : Répartition des inventions en nanotech par cluster, par période et en évolution (%)

	1991-1997		1998-2004		1991-2004		Var 91-97/98-04	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	%
Paris	394	51%	893	45%	1287	47%	127%	-11%
Grenoble	80	10%	296	15%	376	14%	270%	45%
Lyon	79	10%	220	11%	299	11%	178%	9%
Fontainebleau	27	3%	80	4%	107	4%	196%	16%
Toulouse	31	4%	65	3%	96	3%	110%	-18%
Compiègne	27	3%	59	3%	86	3%	119%	-15%
Bordeaux	21	3%	64	3%	85	3%	205%	19%
Strasbourg	19	2%	66	3%	85	3%	247%	36%
Mulhouse	20	3%	59	3%	79	3%	195%	15%
Bernay	26	3%	49	2%	75	3%	88%	-26%
Marseille	19	2%	55	3%	74	3%	189%	13%
Montpellier	22	3%	46	2%	68	2%	109%	-18%
Nice	23	3%	43	2%	66	2%	87%	-27%
Lille	12	2%	39	2%	51	2%	225%	27%
Pau	13	2%	32	2%	45	2%	146%	-4%
Clermont-Ferrand	9	1%	35	2%	44	2%	289%	52%
Nancy	15	2%	23	1%	38	1%	53%	-40%
Arles	13	2%	17	1%	30	1%	31%	-49%
Nantes	4	1%	26	1%	30	1%	550%	154%
Orléans	12	2%	16	1%	28	1%	33%	-48%
Poitiers	6	1%	12	1%	18	1%	100%	-22%
Rennes	6	1%	11	1%	17	1%	83%	-28%
Castres	5	1%	12	1%	17	1%	140%	-6%
Dijon	4	1%	13	1%	17	1%	225%	27%
Lannion	9	1%	7	0%	16	1%	-22%	-70%
Reims	6	1%	10	1%	16	1%	67%	-35%
Angers	2	0%	12	1%	14	1%	500%	134%
Besançon	5	1%	6	0%	11	0%	20%	-53%
Caen	1	0%	10	1%	11	0%	900%	291%
Hors Cluster	135	17%	350	18%	485	18%	159%	1%
France	775	100%	1984	100%	2760	100%	156%	0%

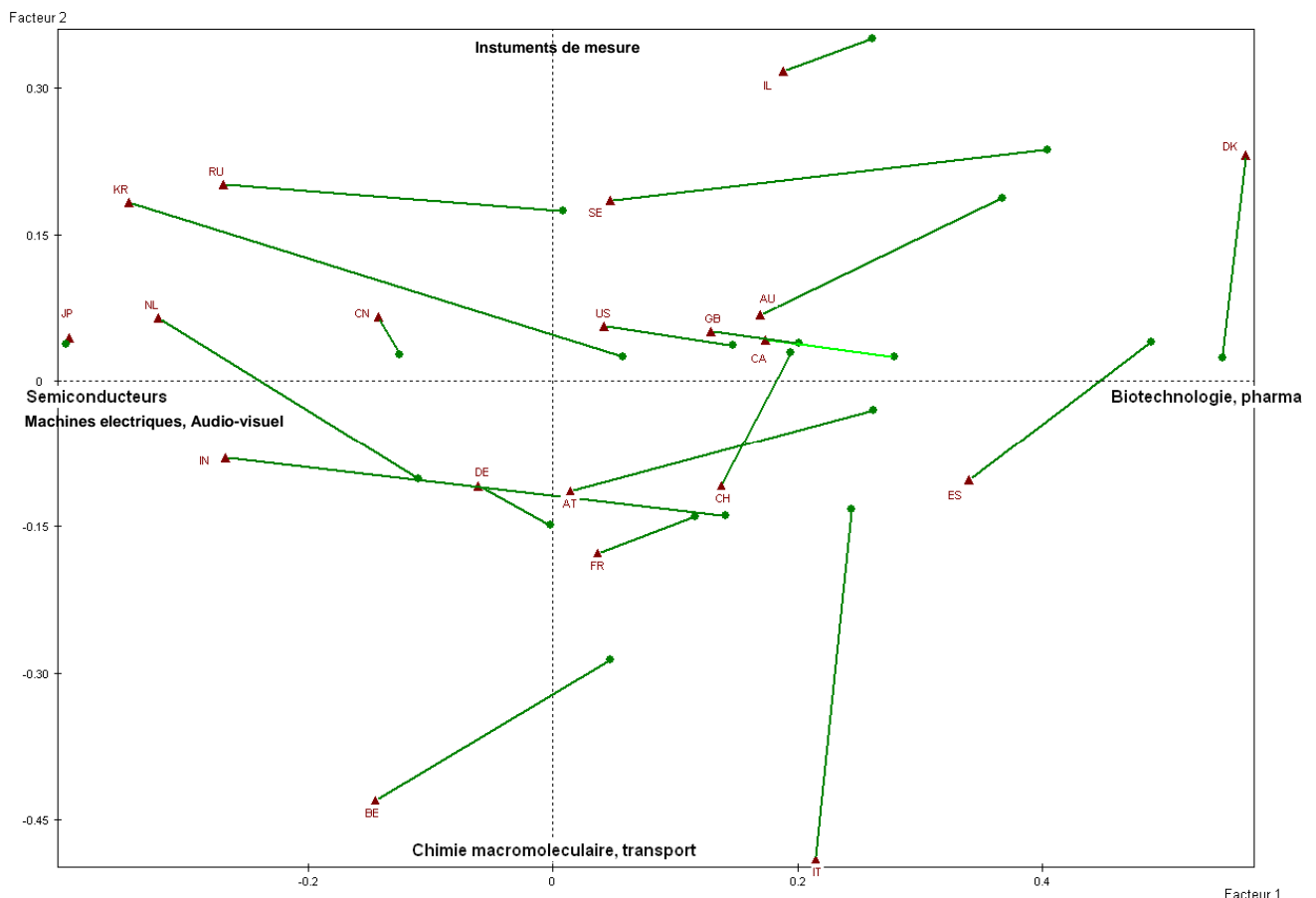
Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les chiffres représentent la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. Gris : Clusters de 30 familles de brevets ou plus sur 1991-2004. La somme peut ne pas correspondre aux totaux géographiques en raison de la double affiliation de certains brevets.

¹⁷ Nous rappelons que les brevets ne sont publiés que 18 mois après leur dépôt. À ce délai s'ajoutent ceux liés à la centralisation, la mise en forme et la mise à disposition. Dès lors, le nombre de brevets déposés sur la dernière période est sous-estimé. Les chiffres semblent corrects jusqu'à 2005. Nous conservons toutefois la période 2003-2007 dans la mesure où nous supposons que les délais concernant les brevets issus de différentes régions sont uniformes et n'introduisent pas de biais significatifs dans l'analyse.

La spécialisation nanotech et son adéquation à la nanoscience

Nous avons vu au sein de la section précédente les ordres de grandeur que donnent des analyses en termes de brevets. Les chiffres sont relativement faibles par rapport à ceux des publications académiques. Cela pose un problème méthodologique dans la mesure où il est dès lors très délicat d'opérer une analyse des spécialités de la nanotech basée sur de tels chiffres. Différentes approches sont certes ici possibles : celle basée sur la nomenclature Y, celle reposant sur la table de passage WIPO (IPC code-technologies) ou encore sur celle de l'OST reliant codes IPC à des secteurs industriels. Cependant, le faible nombre de brevets entraîne l'impossibilité d'opérer une analyse fine des spécialisations nanotech et notamment celles qui se déroulent au sein des clusters.

Graphique 23 : Spécialisation et son évolution de la nanotech française comparée avec les principaux acteurs internationaux, 1991-1997 et 1998-2004.



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Plan factoriel des technologies OMPI basées sur les symboles IPC des brevets. Les axes 1 et 2 qui représentent respectivement 34% et 23% de la variance. Rond : Clusters de la période 1991-1997, mis en illustratif. Triangle vers le haut : Cluster actif de la période 1998-2004. Seulement les familles de brevets (toutes les requêtes confondues) triadiques et les adresses des inventeurs ont été prises en compte.

Au niveau national, nous avons suffisamment d'observations pour dresser une cartographie des spécialisations internationales et de leurs évolutions. En empruntant la nomenclature du WIPO et en ne prenant que les brevets triadiques¹⁸ (déposés en Europe, États-Unis et Japon) pour éviter les biais, le Graphique 23 souligne l'hétérogénéité des spécialisations nationales en nanotechnologies. La France est ici comparativement plus spécialisée en chimie macromoléculaire et en Transports que les autres acteurs de la nanotech mondiale. Elle partage cette spécialisation avec l'Allemagne, la Suisse, la Belgique ou même l'Autriche, l'Espagne ou l'Italie. Les évolutions montrent une montée au niveau mondial des semiconducteurs, des machines électriques et de l'audiovisuel en nanotechnologie. Cette convergence vers des profils à la japonaise concerne de nombreux pays, mais finalement peu les principaux pays de la nanotech.

Table 18 : Répartition des inventions françaises par champs de la nanotechnologie, en évolution

Class	Sub-class	1991-1997		1998-2004		1991-2004		Var
Chemistry	Organic fine chemistry	161	21%	459	23%	620	22%	185%
	Macromolecular chemistry, polymers	157	20%	419	21%	576	21%	167%
	Pharmaceuticals	146	19%	305	15%	451	16%	109%
	Chemical engineering	110	14%	327	16%	437	16%	197%
	Basic materials chemistry	108	14%	289	15%	397	14%	168%
	Surface technology, coating	61	8%	257	13%	318	12%	321%
	Materials, metallurgy	80	10%	228	11%	308	11%	185%
	Biotechnology	35	5%	139	7%	174	6%	297%
	Micro-structural and nano-technology	8	1%	92	5%	100	4%	1050%
	Environmental technology	24	3%	53	3%	77	3%	121%
Electrical engineering	Food chemistry	17	2%	40	2%	57	2%	135%
	Semiconductors	79	10%	245	12%	324	12%	210%
	Electrical machinery, apparatus, energy	59	8%	172	9%	231	8%	192%
	Audio-visual technology	47	6%	93	5%	140	5%	98%
	Computer technology	16	2%	66	3%	82	3%	313%
	Telecommunications	15	2%	40	2%	55	2%	167%
	Basic communication processes	6	1%	26	1%	32	1%	333%
	Digital communication	1	0%	11	1%	12	0%	1000%
	IT methods for management	1	0%	0	0%	1	0%	-100%
	Optics	92	12%	205	10%	297	11%	123%
Instruments	Measurement	69	9%	194	10%	263	10%	181%
	Analysis of biological materials	34	4%	163	8%	197	7%	379%
	Medical technology	56	7%	112	6%	168	6%	100%
	Control	2	0%	8	0%	10	0%	300%
Mechanical engineering	Other special machines	57	7%	196	10%	253	9%	244%
	Textile and paper machines	26	3%	94	5%	120	4%	262%
	Transport	15	2%	62	3%	77	3%	313%
	Handling	10	1%	55	3%	65	2%	450%
	Mechanical elements	13	2%	46	2%	59	2%	254%
	Machine tools	12	2%	33	2%	45	2%	175%
	Engines, pumps, turbines	14	2%	30	2%	44	2%	114%
	Thermal processes and apparatus	3	0%	14	1%	17	1%	367%
Other fields	Other consumer goods	12	2%	49	2%	61	2%	308%
	Civil engineering	14	2%	24	1%	38	1%	71%
	Furniture, games	7	1%	9	0%	16	1%	29%
All		775	100%	1984	100%	2759	100%	156%

Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Basé sur la table de passage du OMPI entre symboles IPC et Technologies. Toutes les requêtes confondues. La somme peut ne pas correspondre au total en raison des multiples attributions des symboles IPC par brevet.

¹⁸ Habituellement, triadique signifie trois régions mondiale: l'Amérique du Nord (États-Unis et Canada), l'Europe occidentale (Union européenne + Norvège + Suisse) et l'Asie-Pacifique (Japon et Corée du Sud). Notre définition est donc plus restreinte pour les deux zones non-européennes.

La France maintient ses spécialisations en macromoléculaire et transport (nanomatériaux) tout en maintenant un équilibre entre Biotech –Pharma (nanobio) et semi-conducteurs (nanoélectronique). Cette inertie contraste avec la croissance importante de la part des inventions en semi-conducteurs, machines électriques ou l'audio-visuel aux Pays-Bas, la Suède, l'Autriche, la Corée, les Pays-Bas, l'Inde alors que le Japon ou la Chine maintiennent leur spécialisation dans ces domaines. On assiste donc à une évolution importante de la production de connaissances en nanoscience qui se retrouve dans l'inertie de la nanotechnologie française internationale qui ne se spécialise pas dans les semi-conducteurs : la France reste finalement partagée entre une montée des nanomatériaux et celle de la nanobio.

Une analyse plus détaillée de la spécialisation des inventions françaises (Table 18) basée sur la nomenclature WIPO et qui englobe l'ensemble des brevets nanotech français confirme une domination de la chimie suivie par celle des instruments puis de l'ingénierie mécanique. La spécialisation principale est plus précisément centrée sur la chimie fine, la chimie macromoléculaire, la pharmacie et l'ingénierie chimique. Les instruments (nanotools ?) constituent un second atout de la nanotech française dominée ici par l'optique et les instruments de mesure. L'ingénierie mécanique arrive ensuite centrée sur les procédés souvent liés à la chimie (autres machines spécialisées), aux machines textile ou papier, aux transports. Cette dernière spécialité côtoie, dans un volume similaire d'inventions, la spécialité électronique au sein de laquelle les semi-conducteurs occupent une place prépondérante. On retrouve finalement ici certains traits de la spécialisation industrielle française avec le poids de la chimie-pharmacie, ainsi que la faiblesse des industries des TICs.

En croissance, la Table 18 souligne cependant une croissance forte de l'ingénierie mécanique depuis 1991. Cette croissance domine celle des technologies informatiques pourtant à l'origine de l'augmentation des inventions au niveau mondial sur la période. Finalement, ce sont les domaines de la chimie qui croissent le moins vite sur la période malgré l'inflation de quelques sous-domaines (microstructure et nanotechnologie ou les technologies de surface ou de traitement de surface). L'analyse faite à partir de données triadiques et de données françaises suggère des évolutions différentes de la nanotech française. Ce point sera examiné plus avant dans l'analyse de l'internationalisation de la nanotech française.

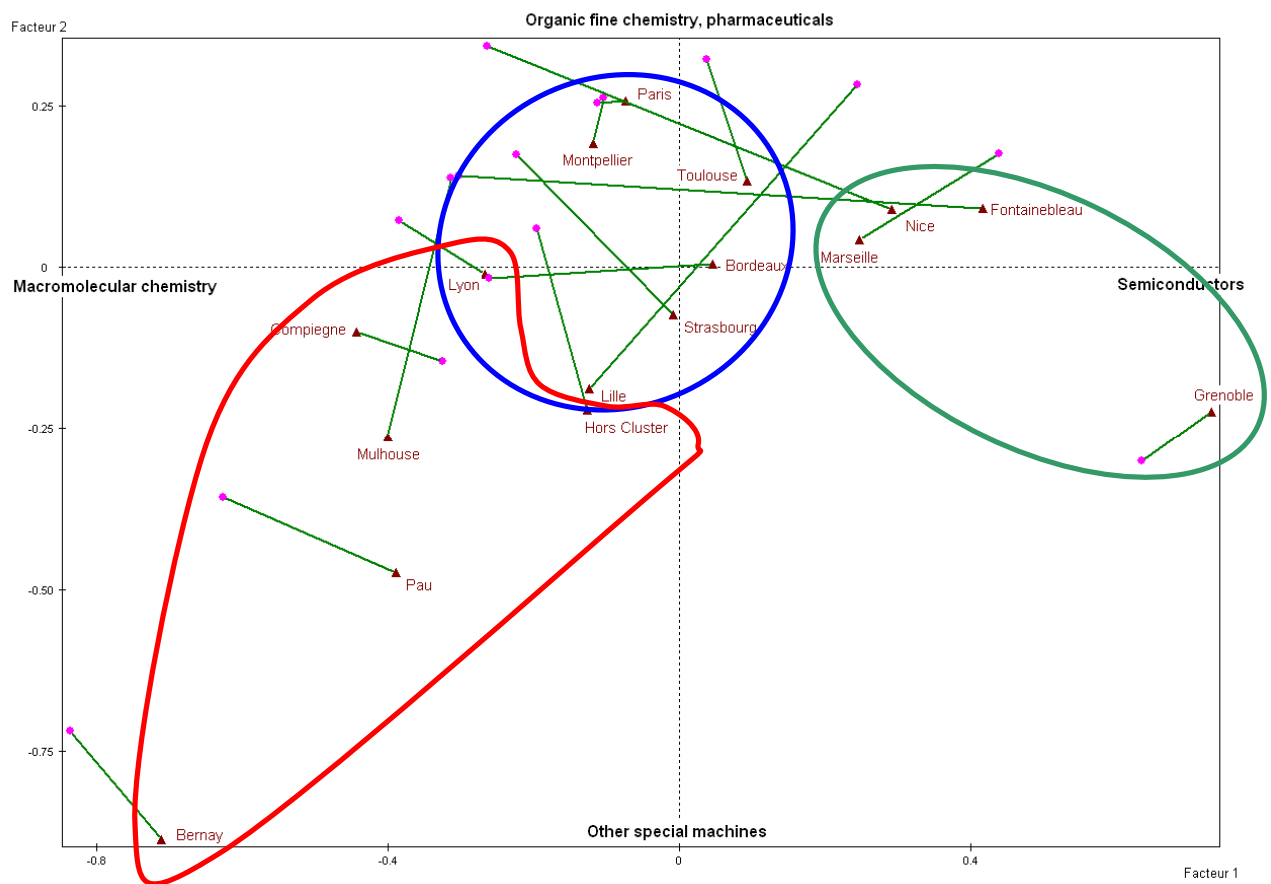
Les spécialisations des clusters de la nanotechnologie opposent principalement les zones géographiques spécialisées dans les TICs à celle présente en Pharmacie ou en chimie alimentaire. L'importance de la chimie macromoléculaire complète cette opposition. Le plan factoriel issu d'une analyse de correspondance souligne l'importance des variations en termes de spécialisation au cours du temps. Si des clusters importants tels que Grenoble, Paris ou Lyon bougent peu, il n'en va pas de même pour des clusters de petite taille au sein desquelles une modification d'orientation technologique ou l'implantation d'une nouvelle usine ou filiale est tout de suite visible. Des petits clusters spécialisés peuvent toutefois conserver des spécialisations marquées au cours du temps.

Le petit nombre de brevets déposé par la moitié des clusters de la nanotech constitue une limite importante pour une approche statistique fine des spécialisations et de leur dynamique. Afin de

gérer ce problème, nous opérons une analyse factorielle sur la première moitié des clusters pour lesquels les profils de spécialisation reflètent des portefeuilles plus importants d'inventions. Nous proposons dans un second temps de revenir sur les cas des petits clusters.

Le plan factoriel issu de l'analyse de donnée (Graphique 24) souligne une opposition entre les clusters spécialisés en chimie macromoléculaire et ceux orientés vers les semi-conducteurs. Cette analyse montre aussi que la chimie organique fine alliée à la pharmacie représente une partie importante de la variance tout comme les inventions dans les autres machines spécialisées.

Graphique 24 : Spécialisation des principaux clusters de la nanotechnologie et leur évolution



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004), toutes les requêtes confondues. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Plan factoriel des technologies OMPI basées sur les symboles IPC des brevets. Les axes 1 et 2 représentent respectivement 36% et 20% de la variance. Rond : Clusters de la période 1991-1997, mis en illustratif. Triangle vers le haut : Cluster actif de la période 1998-2004. Les sous-classes technologiques suivantes ont été mises en illustratif : Furniture, Games, Other consumer goods et Civil engineering (voir appendice).

Les premiers clusters sont ceux spécialisés dans les **semi-conducteurs** ou dans une moindre mesure dans les technologies informatiques (Computer technology) : cette classe de clusters regroupe les sites attendus de Grenoble, Nice, mais aussi de Marseille et de Fontainebleau. Les inventions dans les semi-conducteurs ou informatiques sont en adéquation avec les

recherches académiques menées localement. Ce résultat suggère une certaine adéquation entre production académique et valorisation industrielle même si l'existence d'un modèle dual de nanoscience (Nice par exemple) n'est pas incompatible avec la valorisation (croissante) des connaissances. Grenoble préserve sa forte spécialisation au cours de la période alors que celle de Fontainebleau augmente sensiblement ou que celle de Marseille décroît au profit de sa présence en chimie macromoléculaire reflétant le manque de spécialisation claire de Marseille. À noter que cette déspecialisation de Marseille se fait malgré la permanence d'une recherche académique dans le domaine de la physique ou de l'informatique et repose surtout sur la croissance des brevets en chimie.

Malgré de peu de brevets déposés, le cluster de Lannion semble surtout spécialisé en optique. Le peu de brevets déposés couplé au peu de publications faites sur place (par France Telecom ou Alcatel Optronique) marque les limites de sites historiques isolés et ne reposant sur une seule entreprise dont l'activité est menacée, mais aussi aisée à délocaliser (Alcatel Optronique).

On assiste aussi à l'émergence de Fontainebleau comme cluster de la nanotech alors que cette zone au sud de Paris est relativement éloignée des laboratoires académiques. La présence de déposants en nanotech à Avon (Corning), Samoi (Centre Européen de Recherche de Corning), Evry (Micro-contrôle Spectra-Physics) et l'implantation à Corbeil partir de 1999 de Altis Semi-conducteur (Joint Venture IBM, SIEMENS) à laquelle se sont jointes d'autres entreprises pour former un campus dit « Essonne Nanopole ». Le cluster bellifontain est donc quelque peu décalé par rapport aux capacités académiques en nanosciences de l'Île-de-France. Si des liens semblent revendiqués entre Altis les sites académiques d'Orsay ou de Paris, une analyse bibliométrique montre que ces liens ne passent pas par des copublications.

On remarquera aussi l'absence de Lille et de Besançon qui sont présents dans le cluster TIC des nanosciences. Le cas de Lille est d'autant plus troublant que le poids des TICs dans les publications académiques a augmenté au cours du temps. Cette spécialisation académique ne se retrouve absolument pas en termes de valorisation dans une région dominée par les industries ou des services low-tech éloignés des recherches faites sur place par les académiques. De manière similaire, l'absence de Besançon au sein du groupe des clusters nanotech à vocation TIC marque peut-être les limites d'une telle classification au sein de la nanoscience puisque le peu de brevets trouvés est ici dominé par l'optique.

Une seconde classe de cluster regroupe des sites géographiques spécialisés en **chimie macromoléculaire, chimie de base et procédés** avec Bernay (Elf, Arkema, Isover Saint Gobain), Pau et Mulhouse, mais aussi Lyon via Saint Fons. Clermont-Ferrand appartient aussi à ce groupe très spécialisé en chimie, mais propose par rapport aux autres une cospécialisation forte dans les transports en raison du poids de Michelin au sein de la région. La présence au sein de ce cluster de compétences en « autres machines spécialisées » souligne l'importance des processus associés à la production de nouvelles molécules, matériaux ou surfaces.

Une troisième classe de cluster nanobio associe des compétences en **chimie fine et en pharmaceutique** parfois combinées à de la chimie macromoléculaire. On retrouve ici Paris, Toulouse, Montpellier et Strasbourg avec dans une date plus récente, Bordeaux ou même Lille. Lyon montre ici sa seconde spécialisation. Ces spécialisations nanobio sont relativement

cohérentes dans ces villes avec celles constatées en nanoscience (Pour Strasbourg, Bordeaux, mais aussi pour les clusters plus modestes de la nanotech que sont Rennes ou Angers) et sont de plus en plus cohérentes avec la production croissante au sein des clusters de Toulouse, Paris, Montpellier ou Lyon, de connaissances académiques en chimie et biochimie. À ces clusters nanotech peuvent être assimilés des clusters plus petits tels que Castres, Nancy, Orléans ou Dijon en raison de spécialisations ou d'évolutions de spécialisation similaires.

À nouveau, la confrontation entre nanoscience et nanotechnologie souligne que l'évolution de la nanoscience vers la chimie et le vivant n'a pas entraîné un tel mouvement au niveau de l'activité inventive qui repose tout d'abord sur les spécialisations industrielles locales. L'évolution de la recherche académique semble cependant, si elle est confirmée, aller dans le sens des compétences nanotechnologiques françaises ancrées dans la chimie-biochimie-pharmacie plus que dans la physique. Néanmoins, certaines compétences dans les semi-conducteurs sont identifiables : au-delà de Grenoble et de Nice qui confirme la cohérence de sa spécialisation académique au niveau des inventions, la présence d'IBM et sa joint venture avec Siemens (Altis) a marqué l'essor de la capacité d'invention dans les semi-conducteurs en Île-de-France.

Les difficultés d'Altis à Corbeil, d'Alcatel à Lannion ou les défections à Crolles soulignent toutefois l'incertitude sur le devenir de ces points d'ancrage (anchor tenant, Agrawal & Cockburn, 2003). Si la spécialisation industrielle de ces entreprises dirige les inventions faites, elle marque aussi la capacité des acteurs privés ou publics à créer et exploiter les opportunités scientifiques et technologiques produites par ces entreprises volatiles. L'importance des industries agrochimiques et pharmaceutiques semble offrir une stabilité malgré les fusions-acquisitions dans ces secteurs et rappelle que la France n'a toujours pas une industrie TIC suffisamment forte pour valoriser effectivement la nanoscience dans le domaine.

Cette section souligne encore les difficultés d'une analyse fine des spécialisations locales. Le poids de Paris et de Grenoble au sein de nombreuses sous-classes technologiques empêche en effet de cerner les spécialisations des autres clusters. La taille restreinte de ces derniers clusters interdit souvent toute conclusion sur les profils technologiques de la zone. Nous saisissons ici une limite majeure d'une approche par les brevets par rapport à une approche par les articles scientifiques.

L'utilisation de la nomenclature Y ne résout pas le problème même si elle peut apporter des éléments complémentaires. Divisées en 6 sous-classes, cette nomenclature permet de localiser les brevets de code Y relatifs à la biotechnologie (Y01N02), les TICs (Y01N04), les matériaux (Y01N06), les senseurs (Y01N08), l'optique (Y01N10) et le magnétisme (Y01N12). Pour des raisons de place, les cartes ont été mises en annexe (page 173). Les conclusions ne semblent pas forcément cohérentes ici mais complète ceux obtenus avec la nomenclature WIPO.

En biotechnologie, l'importance de l'île de France et de Lyon ressort alors suivie de Toulouse, mais aussi de Nice sans pour autant faire ressortir Strasbourg.

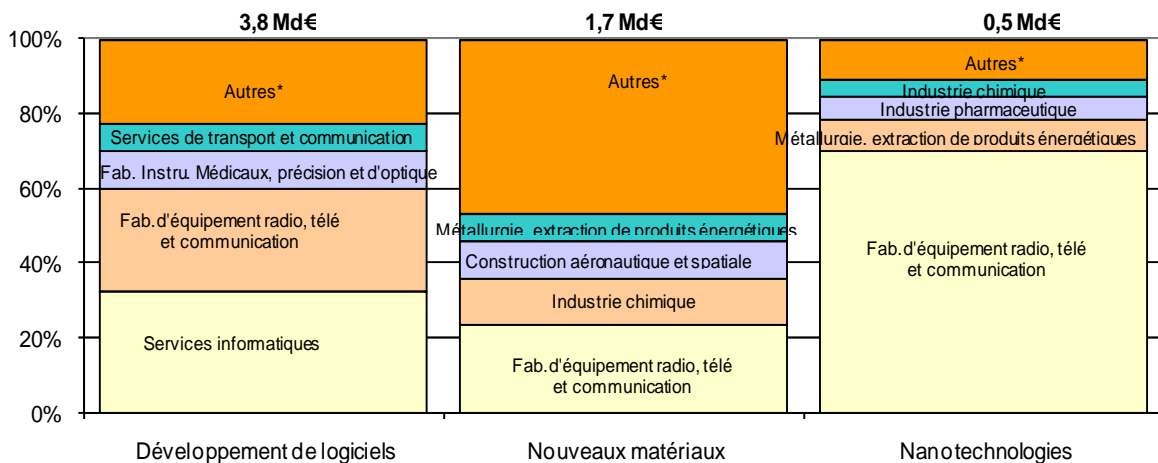
Dans le domaine des TICs, la nomenclature Y souligne encore la domination de Paris et de Grenoble en négligeant toutefois la spécialisation de Nice dans le domaine. Sur les matériaux, Paris Lyon et Grenoble dominant aux cotées de Montpellier et de Toulouse. Des sites de moindre

importance se retrouvent cependant tels que Lacq, Bernay ou même Nice et Strasbourg.

En optique, Paris et Grenoble constituent l'essentiel des inventions faites dans le domaine. Cela recoupe l'analyse précédente où ce domaine important ne ressortait pas comme une caractéristique majeure des clusters : cette spécialité de la nanotech appartient à des clusters dominés respectivement par la chimie pharmaceutique ou les semiconducteurs.

Du fait du nombre restreint d'inventions, une polarisation similaire est constatée en magnétisme où seuls Paris, Grenoble et Toulouse transparaissent. Cette concentration technologique est toutefois plus marquée dans les senseurs pour lesquels les inventions sont essentiellement faites au sein du Cluster d'île de France.

Graphique 25 : Dépense de R&D des entreprises dans trois domaines répartis par branches de recherche en 2007, France entière



(*) Autres : Les dépenses sont décrites selon une nomenclature des branches en 25 postes. Les quatre premières branches en termes de dépenses de R&D sont représentées pour chacun des domaines. Lecture : En 2007, le tiers des investissements réalisés dans le développement de logiciels sont menés dans la branche de recherche des services informatiques. Source : MESR-SIES-Département des études statistiques

La robustesse des nomenclatures nanotech n'est pas la seule difficulté pour l'analyse économique. Comme pour les dépenses de R&D, les entreprises peuvent déposer des technologies dans une certaine technologie et appartenir à un secteur d'activité a priori décalé par rapport à la branche concernée. Ainsi, l'introduction du cuivre à la place de l'aluminium au sein des microprocesseurs entraîne des difficultés liées à l'oxydation du cuivre et son interaction avec les matériaux prêts desquels il est inséré. Le brevet concernant des microprocesseurs et de l'industrie des microprocesseurs relève dès lors peut-être de la chimie plus que d'un coclassement au sein de l'électronique. Le Graphique 25 souligne l'importance des décalages : les dépenses de R&D en nanotech faites par les entreprises situées en France sont réalisées essentiellement par les secteurs de l'électronique alors que les inventions en électronique sont moins nombreuses qu'en chimie-pharmacie. *A contrario*, les données R&D des entreprises suggèrent que le nombre d'inventions faites en électronique, y compris les semiconducteurs, demandent des investissements en R&D bien supérieurs à ceux nécessaires à la nanotech basée

sur la chimie ou la pharmacie.

Les brevets académiques

Nous avons au sein de la première partie constaté l'importance et la croissance de la nanoscience industrielle. La Table 19 montre un mouvement symétrique pour la nanotechnologie académique : les brevets nanotech académiques, définis comme les brevets nanotech ayant au moins un déposant qui est un organisme public français de recherche (EPIC, EPST), représentent environ un cinquième des brevets déposés sur la période 1991-2004. La part de ces brevets académiques augmente rapidement au cours du temps pour occuper aujourd'hui environ le quart des brevets nanotech.

Cette évolution reflète certainement l'essor des politiques de droits de propriété par les EPIC et EPST français sur la période, mais aussi par l'essor des coopérations public-privé dont les politiques publiques favorisant les interactions université-industrie, que ce soit au niveau européen ou au niveau national (le FRT, le crédit d'impôt par exemple), font parties.

L'importance des brevets académiques au sein des différents clusters va dépendre du poids des organismes de recherche, de leur spécialisation en nanotech, de leur politique d'appropriation et des moyens disponibles pour mener cette politique. La part relative de ces brevets va aussi dépendre de la présence locale d'entreprises notamment industrielles capables de breveter. L'importance des interactions locales entre université et industrie devrait favoriser la détention par les OPR français de brevets (codépôts, licences...) même si des relations contractuelles peuvent ne pas laisser de droits de propriété aux OPR.

Table 19 – Poids des Organismes Publics de Recherche (OPR) français dans la nanotech, par périodes

	1991-1997		1998-2004		Δ	1991-2004	
	N	%	N	%		N	%
Non OPR	641	83%	1536	77%	+140%	2177	79%
OPR	134	17%	448	23%	+234%	582	21%
Total	775	100	1984	100	+156%	2759	100

Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Les chiffres représentent la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par type de déposant. Lecture : OPR contient toutes les familles des brevets avec au moins un déposant OPR, pendant que Non OPR contient toutes les familles de brevets n'ayant aucun OPR comme déposant.

La Table 20 souligne une hiérarchie différente de celle constatée pour les brevets nanotech. Par exemple, ce tableau montre tout d'abord que Grenoble est équivalent à Paris en termes du nombre de brevets académiques. Certains clusters se retrouvent en position avantageuse en termes de brevets académiques alors que le nombre de brevets industriels nanotech était faible.

La croissance importante du poids des brevets académiques au sein des brevets nanotech français est ainsi le fait de clusters où la masse des OPR est importante (par exemple Grenoble, Lyon, Marseille, Montpellier) et de clusters plus modestes pour lesquels le poids des OPR est important (par exemple Lille, Nancy, Nantes, Bordeaux). *A contrario*, la faiblesse des brevets nanotech académiques concerne les clusters industriels dans lesquels les organismes de recherche publics restent de faible dimension (par exemple Clermont-Ferrand, Compiègne, Mulhouse). En outre, des clusters industriels au sein desquels les brevets étaient faits indépendamment de l'académie restent toujours en deçà de la moyenne nationale, mais participe à la nanotech académique en seconde période (par exemple Pau, Lannion, Bernay).

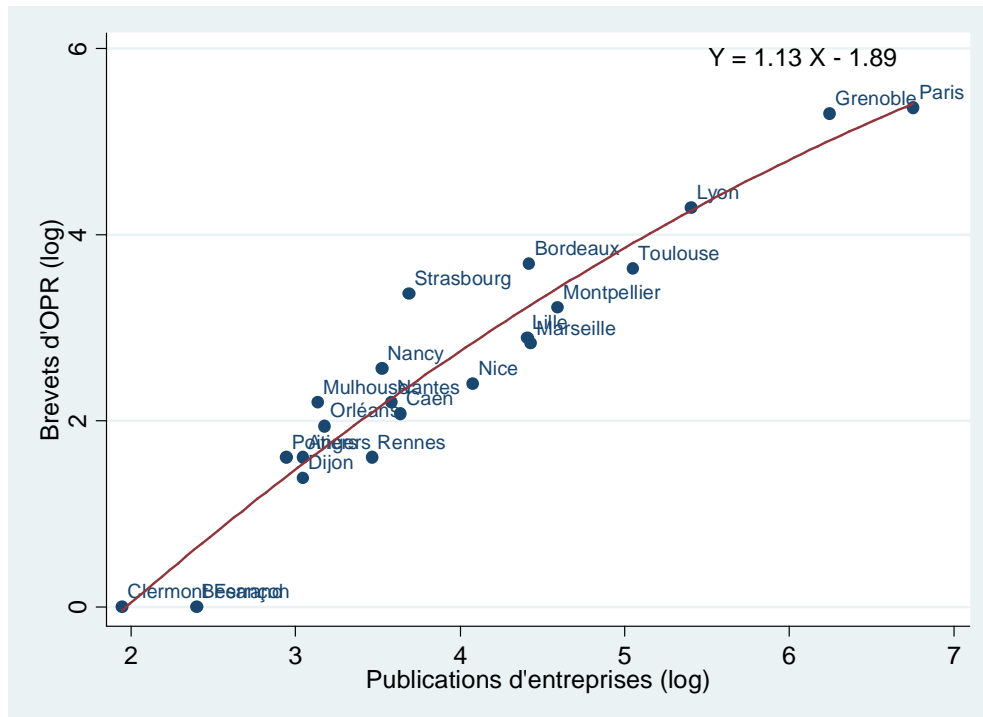
Table 20 – Participation des Organismes publics de Recherche (OPR) dans la nanotech, par période

	1991-1997			1998-2004			Δ	1991-2004		
	OPR	Total	% OPR	OPR	Total	%OPR		OPR	Total	%OPR
Caen	0	1	0%	8	10	80%	↗	8	11	73%
Grenoble	41	80	51%	160	296	54%	↗	201	376	53%
Bordeaux	8	21	38%	32	64	50%	↗	40	85	47%
Toulouse	8	31	26%	30	65	46%	↗	38	96	40%
Montpellier	3	22	14%	22	46	48%	↗	25	68	37%
Angers	0	2	0%	5	12	42%	↗	5	14	36%
Lille	4	12	33%	14	39	36%	↗	18	51	35%
Strasbourg	5	19	26%	24	66	36%	↗	29	85	34%
Nancy	3	15	20%	10	23	43%	↗	13	38	34%
Nantes	0	4	0%	9	26	35%	↗	9	30	30%
Rennes	1	6	17%	4	11	36%	↗	5	17	29%
Poitiers	1	6	17%	4	12	33%	↗	5	18	28%
Orléans	3	12	25%	4	16	25%	→	7	28	25%
Lyon	13	79	16%	60	220	27%	↗	73	299	24%
Dijon	1	4	25%	3	13	23%	↘	4	17	24%
Marseille	3	19	16%	14	55	25%	↗	17	74	23%
Reims	1	6	17%	2	10	20%	↗	3	16	19%
Castres	0	5	0%	3	12	25%	↗	3	17	18%
Paris	58	394	15%	156	893	17%	↗	214	1287	17%
Hors Cluster	14	135	10%	69	350	20%	↗	83	485	17%
Nice	4	23	17%	7	43	16%	↘	11	66	17%
Arles	2	13	15%	3	17	18%	↗	5	30	17%
Fontainebleau	5	27	19%	9	80	11%	↘	14	107	13%
Mulhouse	4	20	20%	5	59	8%	↘	9	79	11%
Besançon	0	5	0%	1	6	17%	↗	1	11	9%
Pau	0	13	0%	3	32	9%	↗	3	45	7%
Compiègne	1	27	4%	4	59	7%	↗	5	86	6%
Lannion	0	9	0%	1	7	14%	↗	1	16	6%
Bernay	0	26	0%	2	49	4%	↗	2	75	3%
Clermont-Ferrand	1	9	11%	0	35	0%	↘	1	44	2%
France	134	775	17%	448	1984	23%	↗	582	2759	21%

Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les chiffres représentent la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. Grisé : Clusters de 30 familles de brevets ou plus sur 1991-2004. La somme peut ne pas correspondre aux totaux géographiques en raison de la double affiliation de certains brevets. Lecture : OPR contient toutes les familles des brevets avec au moins un déposant OPR, pendant que Non OPR contient toutes les familles de brevets n'ayant aucun OPR comme déposant.

Afin d'affiner les déterminants des brevets nanotech académiques, nous proposons de relier le nombre d'articles de la nanoscience industrielle au nombre de brevets académiques de la nanotechnologie même si une telle corrélation ne repose pas forcément sur une imbrication locale entre science et industrie.

Graphique 26 : Corrélation entre nanoscience industrielle et nanotechnologie académique



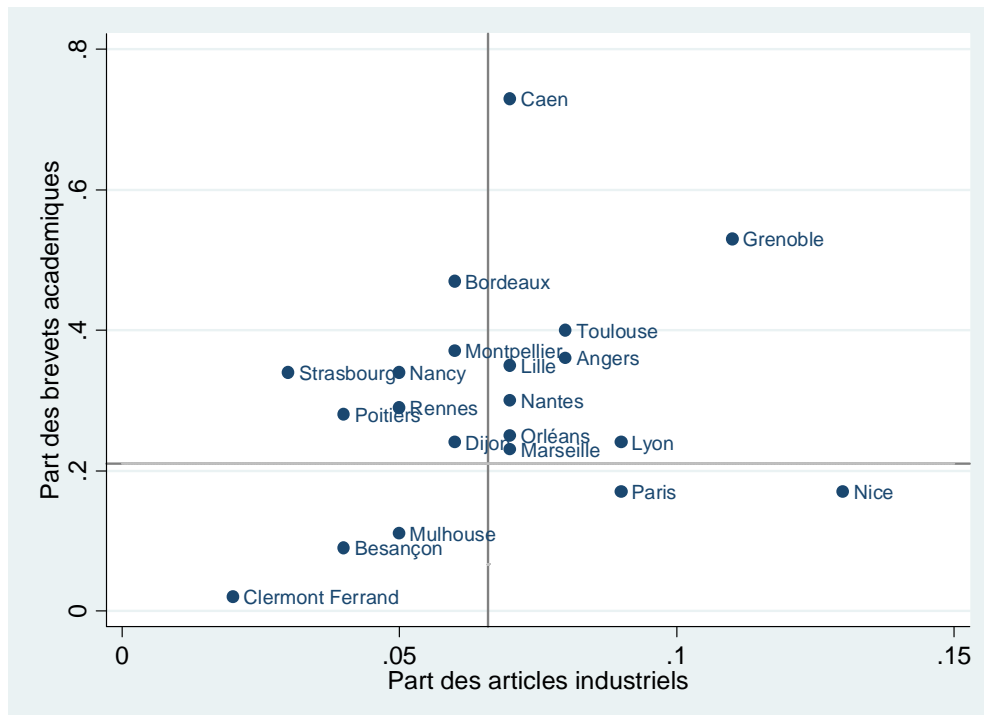
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008) et PATSTAT (1990-2004). Toutes les requêtes confondues appliquées aux deux sources. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Échelle X et Y en logarithmes : pente de 1% de publications académiques supplémentaires va correspondre à 1.13% de brevets supplémentaires.

Le Graphique 26 montre que le nombre de dépôts académiques est proportionnel au nombre d'articles fait par l'industrie. De manière grossière, on peut dire qu'une augmentation de 1% du nombre de publications industrielles en nanotech correspond environ à une augmentation de 1% des brevets académiques. La relation est très homogène. Strasbourg par exemple montre une quantité de brevets académiques supérieure à la moyenne nationale. Cependant, nous avons vu que cet écart repose potentiellement sur la sous-estimation du nombre d'article industriel publié par les chercheurs de ce cluster : les articles sont écrits avec des entreprises étrangères. On retrouve au sein de ce graphique l'importance de la nanotech académique pour Bordeaux, Nancy, Mulhouse ou même Grenoble. A contrario, les clusters tels que Rennes, Nice, Marseille ou Besançon montrent des dépôts inférieurs par rapport à ceux que leur nombre de publications industrielles laisserait envisager.

Le graphique suivant (Graphique 27) complète l'analyse en reliant la part de la nanoscience

industrielle à la part de la nanotech académique. Le graphique confirme l'originalité du modèle de la nanoscience industrielle grenoblois qui est aussi celui de la nanotech académique pour former, a priori, un modèle science-technologie imbriqué. Le même graphique renforce le caractère dual du cluster niçois : la recherche académique est *a priori* peu impliquée dans la nanotech, et ce, malgré l'importance des entreprises de nanotech locales et de leurs publications académiques.

Graphique 27 : Poids de la nanoscience industrielle et de la nanotechnologie académique, par cluster



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008) et PATSTAT (1990-2004). Toutes les requêtes confondues appliquées aux deux sources. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte.

Pour Nice et Strasbourg, une analyse des brevets publics permet de préciser l'analyse. Les brevets académiques niçois sont finalement rarement codéposés par des multinationales étrangères pourtant nombreuses au sein du cluster. Ces dernières déposent donc de manière indépendante leurs inventions. Ce constat valide et renforce encore le constat de dualité c'est-à-dire le peu d'interactions entre les composantes publiques et privées de recherche.

Dans le cas de Strasbourg, l'internationalisation et l'industrialisation de la science ne permettent pas aux OPR strasbourgeois de conserver *a priori* les droits de propriété de brevets académiques : ils déposent des brevets, mais ne codéposent pas avec l'ensemble de leurs partenaires de recherche situés en Allemagne ou aux États-Unis : finalement, seul Boehringer Ingelheim est identifié comme co-déposant d'OPR Strasbourgeois aux côtés de AC Immune, une Start-up Lausannoise.

Concernant les autres villes, le Graphique 27 montre que les villes de Clermont-Ferrand, Mulhouse et Besançon se retrouvent dans le secteur Sud-Ouest du Graphique soulignant une imbrication science-industrie a priori faible¹⁹. La recherche de Michelin n'utilise pas les publications académiques pour divulguer ses résultats tout comme la recherche auvergnate n'est pas à même de breveter suffisamment pour émerger face à la multinationale locale. Le cas est similaire pour Mulhouse qui malgré de nombreux brevets académiques n'arrive pas à peser significativement sur le volume de brevets déposés par les multinationales locales.

Le graphique suggère l'originalité du cluster bisontin : la taille restreinte de son activité académique en nanoscience se retrouve dans une propension faible à breveter de la part des organismes publics de recherche. Cela suggère une fois de plus soit une non-valorisation de la recherche publique en nanoscience dans des brevets nanotech, soit une spécialisation des inventions (en microtechniques, mécaniques) non identifiée dans nos filtres nanotech²⁰.

Le potentiel de la nanotech française

La valeur d'un brevet est une question délicate sur laquelle les économistes donnent plusieurs éclairages. Du point de vue de la mesure, cette question donne le plus souvent lieu à des approches en termes de citations, de taille de familles d'inventions. Nous adoptons ici cette seconde approche en nous centrant sur les familles triadiques.

Les familles de brevets triadiques sont définies par l'OCDE comme un ensemble de brevets déposés à l'OEB, au JPO et à l'USPTO qui ont la propriété de partager un ou plusieurs numéros de priorité. Par rapport aux indicateurs traditionnels basés sur des dépôts de brevets auprès d'un seul office des brevets, les familles triadiques de brevets portent sur un ensemble homogène d'inventions dont les plus importantes sont réputées être protégées par un brevet OEB, JPO et USPTO. Les familles triadiques sont moins influencées par les offices de brevets, règles et règlements nationaux, et les stratégies de dépôt. En comptant les familles de brevets triadiques, on améliore donc la qualité et la comparabilité internationale des données pour mesurer les performances inventives des différents pays.

La part des inventions qui sont déposées de manière systématique au niveau international souligne l'importance de l'industrie chimique. Ainsi, les clusters industriels dominés par les centres de recherche dans les domaines de la chimie ont des portefeuilles de brevets bien plus internationalisés que les autres clusters : Clermont-Ferrand, Bernay, Mulhouse, Bordeaux, Arles, Compiègne ou Pau constituent ainsi des sites très concentrés dans lesquels les inventions françaises sont à vocation internationale.

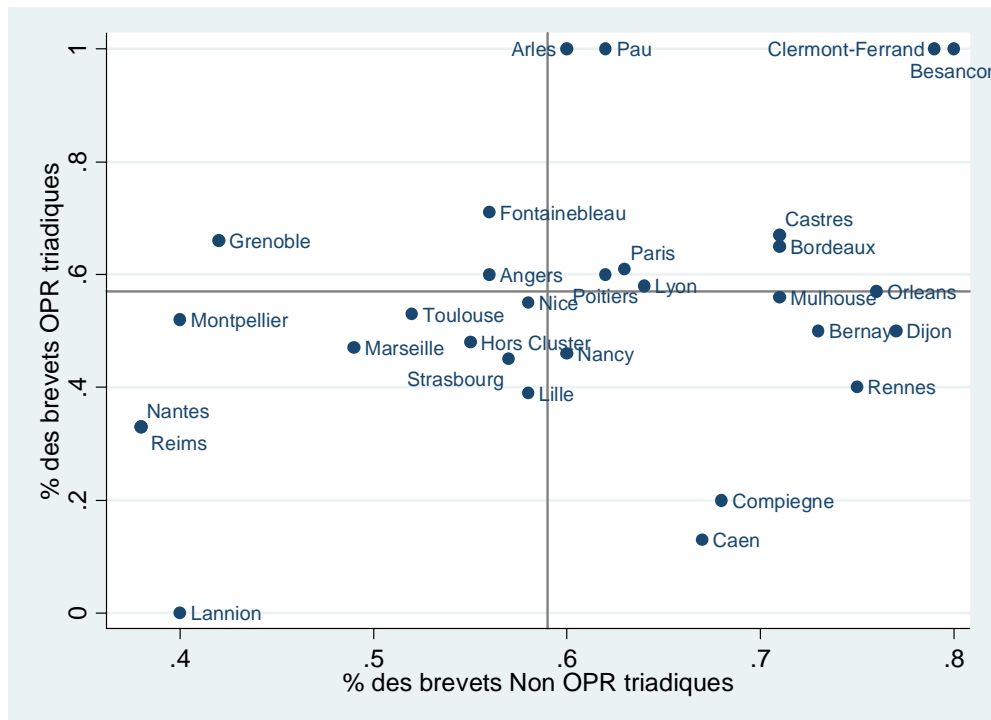
Plusieurs effets sont ici à l'œuvre pour expliquer cette ouverture : un effet sectoriel tout d'abord, les inventions en chimie-pharma-biotech sont des inventions plus faciles à protéger à l'aide de brevets que d'autres inventions. Les sites spécialisés dans ces domaines ressortent donc plus au

¹⁹ Encore une fois, les brevets et les publications se sont que des modes d'interaction parmi d'autres. Des données complémentaires sur les relations contractuelles, la mobilité des personnels, des diplômés peuvent affaiblir le diagnostic.

²⁰ L'hypothèse selon laquelle la structure industrielle locale basée sur des PMI-PME explique le peu de brevets ne nous semble peu pertinente : les PMI-PME High-Tech déposent des brevets et les PMI-PME nanotech de Besançon devraient donc transparaître ici si leur niveau technologique en nanotech n'est pas usurpé.

niveau international. Un effet taille coexiste ici : si des grandes firmes dominent le cluster, la propension à faire du triadique sera supérieure. De même, les clusters au sein desquels la part des multinationales françaises ou étrangères est importante ont une propension à déposer au niveau triadique où se situent leurs marchés.

Graphique 28 : Poids de la nanoscience industrielle et de la nanotechnologie académique, par cluster



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2004). Toutes les requêtes confondues appliquées aux deux sources. Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Lecture : OPR contient toutes les familles des brevets avec au moins un déposant OPR, pendant que Non OPR contient toutes les familles de brevets n'ayant aucun OPR comme déposant.

Cependant, à ces effets microéconomiques s'ajoute le poids, important comme nous l'avons vu précédemment, des organismes publics de recherche : le poids des inventions faites par les organismes publics de recherche peut être un frein aux dépôts globalisés en raison des coûts des DPI pour de telles organisations aux ressources limitées.

Ce dernier effet semble toutefois limité puisque si 59% des inventions purement industrielles sont triadiques, 57% des inventions académiques le sont (Voir Graphique 28). Ce dernier chiffre est a priori surprenant. Cependant, l'importance des coopérations universités-industries, la montée des politiques d'appropriation au sein des organismes publics, combinées au fait que les brevets académiques sont *a priori* à la frontière de la recherche et donc valorisables sur différents marchés, peuvent expliquer cette propension élevée.

Le Graphique 28 souligne que des différences entre clusters existent. Ces différences concernent

essentiellement la part des brevets industriels purs (sans aucun déposant OPR) de dimension triadique puisque la part des brevets académiques de dimension triadique est relativement homogène au sein des clusters académiques. On peut ainsi constater que Grenoble et Montpellier ont tous deux un nombre important de brevets triadiques, mais que relativement peu de brevets industriels purs le sont. *A contrario*, Paris, Lyon ou Bordeaux ont des brevets industriels déposés plus fréquemment au sein de la Triade. Toulouse, Marseille ou Strasbourg occupant ici une place intermédiaire.

Table 21 – Part des brevets triadiques en nanotech par cluster, évolution

	1991-1997			1998-2004			Δ	1991-2004		
	Total Triadique	%	Total Triadique	%	Total Triadique	%				
Besançon	5	5	100%	6	4	67%	↘	11	9	82%
Clermont-Ferrand	9	7	78%	35	28	80%	↗	44	35	80%
Bernay	26	20	77%	49	34	69%	↘	75	54	72%
Orléans	12	9	75%	16	11	69%	↘	28	20	71%
Castres	5	4	80%	12	8	67%	↘	17	12	71%
Dijon	4	3	75%	13	9	69%	↘	17	12	71%
Mulhouse	20	16	80%	59	39	66%	↘	79	55	70%
Bordeaux	21	15	71%	64	43	67%	↘	85	58	68%
Arles	13	8	62%	17	12	71%	↗	30	20	67%
Compiègne	27	14	52%	59	42	71%	↗	86	56	65%
Rennes	6	4	67%	11	7	64%	↘	17	11	65%
Pau	13	7	54%	32	22	69%	↗	45	29	64%
Paris	394	255	65%	893	553	62%	↘	1287	808	63%
Lyon	79	46	58%	220	140	64%	↗	299	186	62%
Poitiers	6	5	83%	12	6	50%	↘	18	11	61%
Fontainebleau	27	18	67%	80	44	55%	↘	107	62	58%
Nice	23	11	48%	43	27	63%	↗	66	38	58%
Angers	2	1	50%	12	7	58%	↗	14	8	57%
Grenoble	80	50	63%	296	157	53%	↘	376	207	55%
Nancy	15	7	47%	23	14	61%	↗	38	21	55%
Hors Cluster	135	69	51%	350	192	55%	↗	485	261	54%
Strasbourg	19	8	42%	66	37	56%	↗	85	45	53%
Toulouse	31	14	45%	65	36	55%	↗	96	50	52%
Lille	12	4	33%	39	22	56%	↗	51	26	51%
Marseille	19	9	47%	55	27	49%	↗	74	36	49%
Montpellier	22	8	36%	46	22	48%	↗	68	30	44%
Lannion	9	3	33%	7	3	43%	↗	16	6	38%
Reims	6	1	17%	10	5	50%	↗	16	6	38%
Nantes	4	3	75%	26	8	31%	↘	30	11	37%
Caen	1	1	100%	10	2	20%	↘	11	3	27%
Grand Total	1045	625	60%	2626	1561	59%		3671	2186	60%

Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les chiffres représentent la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. Grisé : Clusters de 30 familles de brevets ou plus sur 1991-2004. La somme peut ne pas correspondre aux totaux géographiques en raison de la double affiliation de certains brevets.

Dans le temps, la part des brevets nanotech triadiques reste sensiblement la même (Table 21). Une augmentation du nombre de brevets correspond généralement à une augmentation de même magnitude du nombre de brevets triadiques. Certains clusters tels que Lyon, Compiègne, Toulouse, Strasbourg ou Nice offrent cependant une croissance plus importante que celle des autres clusters sur la période.

Les réseaux de la nanotechnologie

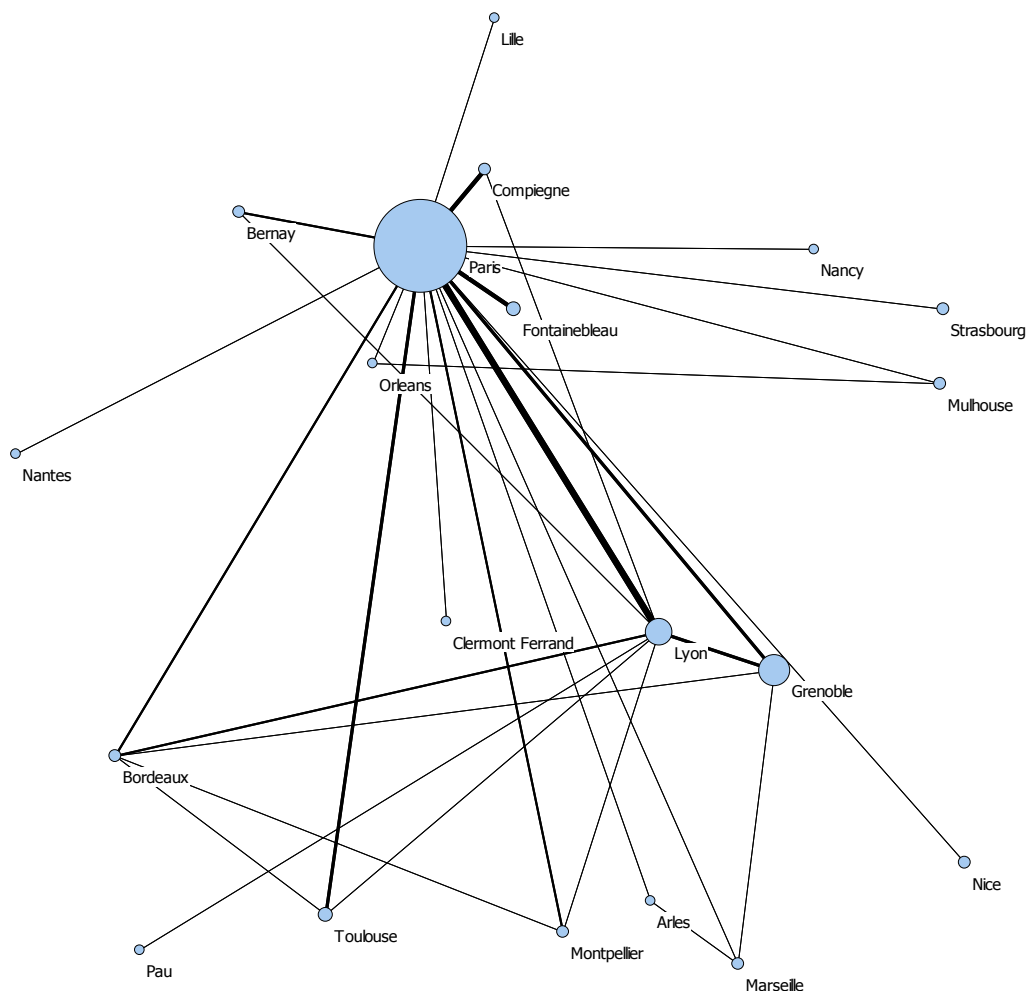
L'utilisation des brevets pour identifier les réseaux de la nanotech française se réduit habituellement à l'analyse des codéposants ou coinventeurs ainsi qu'à l'analyse des citations contenues au sein des documents déposés. Cette seconde approche même si elle est très utilisée au sein de la recherche académique pose de nombreux problèmes méthodologiques. Aussi nous proposons de nous centrer ici sur les liens de co-inventions entre acteurs.

Au sein de cette section, nous proposons de réduire notre description des réseaux en ne prenant en compte que les clusters. Cette réduction par rapport aux réseaux de la nanoscience repose sur deux limites supplémentaires rencontrées pour la nanotech : le nombre de brevets est réduit par rapport au nombre de publications et il est dès lors délicat de cerner des liens entre villes. En outre, la précision d'analyse des réseaux de la nanotech repose sur une localisation précise des activités des inventeurs. La mobilité régionale des inventeurs qui donnent leur adresse personnelle permettant la localisation des acteurs de la nanotech pose ainsi un problème pour cerner de manière précise les interactions intraclusters. Par exemple, il est délicat de commenter des liens de co-inventions entre Montrouge et Versailles sachant que les inventeurs travaillent tous les deux dans un même centre de recherche à Chatillon ou encore dans deux centres distincts situés respectivement à Gif et Rueil par exemple. La banlieue des grandes agglomérations ainsi pose problème dans la mesure où la mobilité des inventeurs est toujours possible. Nous conservons toutefois notre approche pour l'Île-de-France en distinguant les clusters de Paris de Fontainebleau ou de Compiègne.

Les réseaux des clusters de nanotechnologie

La structure des réseaux de nanotech souligne l'importance des liens entre clusters de nanotechnologie. Ce réseau semble moins dense que celui identifié pour la nanoscience en raison du nombre plus faible de conventions que de copublications faites par les chercheurs. On constate la disparition de nombreux petits clusters de la nanoscience qui disparaissent pour la nanotech (Metz, Dunkerque, Lens, Brest, Le Mans, Tours, Limoges...). Les liens entre les principaux acteurs de la nanotech sont cependant souvent très similaires à ceux constatés pour la nanoscience. Paris occupe une place centrale au sein de la nanotech française. En raison de son poids relatif plus important en technologie qu'en science, Paris domine grandement les clusters de Grenoble ou de Lyon avec lesquels il tisse cependant ses liens les plus nombreux. Au sein de ces trois acteurs, le tandem Paris-Lyon est toutefois plus important que celui Paris-Grenoble qui dominait la nanoscience. Grenoble est en effet beaucoup moins central ici qu'il ne l'était en science : malgré l'importance des liens science-industrie, son importance en nanotech est inférieure, en nombre d'invention, à celle constatée en nanoscience. La spécialisation industrielle en chimie-pharmacie-biotech du cluster lyonnais correspond à celle d'autres clusters favorisant le nombre et la variété géographique des collaborations et des conventions alors que la spécialisation iséroise est moins répandue en France et occasionne donc moins de collaboration et moins de conventions. Des clusters comme Montpellier et surtout Toulouse ont des liens d'invention plus nombreux avec Paris-Lyon qu'ils n'en ont en termes de publications, dominés plutôt par les liens avec Paris et Grenoble.

Graphique 29 : Réseau inter-clusters des coinventions en nanotech, toutes requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. La taille des bulles représente la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. Les liens représentent les coinventions de familles des brevets entre deux inventeurs de clusters différents. Ils sont représentés que les clusters avec plus de 25 familles de brevets (1991-2004) et les liens de 5 ou plus de coinventions.

Le Graphique 29 souligne aussi que la réorientation des activités inventives marque une polarisation accrue vers Paris aux dépiments des autres partenaires potentiels que la nanoscience laissait entrevoir. Ainsi, de nombreux clusters tels que Strasbourg, Mulhouse, Nancy, Lille, Nantes, Rennes, Marseille, Nice nouent des liens en nanotechnologie essentiellement avec Paris alors qu'ils ont des autres liens de copublications académiques importants avec d'autres clusters français de la nanoscience. Cette polarisation parisienne se retrouve pour Grenoble qui malgré sa taille a peu de liens avec d'autres clusters nationaux. La centralité du cluster grenoblois de nanoscience ne se retrouve donc pas en nanotechnologie.

A contrario, des clusters comme Bordeaux, Toulouse, Lyon ou même Montpellier montrent des variétés et des volumes de coventions préservées comme le confirme les chiffres de liens interclusters de la Table 22.

Table 22 – Internationalisation des inventions en nanotech

Clusters	Partenaire national ou international				Partenaire National seulement						Total familles de brevets	
	Partenaire International		Partenaire national Externe au cluster		Total		Interne au Cluster seult		Externe au cluster			
	(a)		(b)		(c) = (d)+(e)		(d)		(e)		(f) = (a)+(c)	
	Q	%	Q	%	Q	%	Q	% Nat	Q	% Nat	Q	%
Mulhouse	65	82%	23	29%	14	18%	3	21%	11	79%	79	100%
Clermont-Ferrand	26	59%	12	27%	18	41%	10	56%	8	44%	44	100%
Arles	17	57%	22	73%	13	43%	2	15%	11	85%	30	100%
Besançon	6	55%	6	55%	5	45%	2	40%	3	60%	11	100%
Strasbourg	46	54%	33	39%	39	46%	15	38%	24	62%	85	100%
Nice	35	53%	23	35%	31	47%	18	58%	13	42%	66	100%
Reims	8	50%	8	50%	8	50%	4	50%	4	50%	16	100%
Nantes	14	47%	14	47%	16	53%	11	69%	5	31%	30	100%
Rennes	8	47%	12	71%	9	53%	2	22%	7	78%	17	100%
Fontainebleau	47	44%	67	63%	60	56%	12	20%	48	80%	107	100%
Montpellier	29	43%	41	60%	39	57%	13	33%	26	67%	68	100%
Orléans	11	39%	20	71%	17	61%	4	24%	13	76%	28	100%
Poitiers	7	39%	12	67%	11	61%	3	27%	8	73%	18	100%
Lannion	6	38%	6	38%	10	63%	6	60%	4	40%	16	100%
Lille	19	37%	28	55%	32	63%	10	31%	22	69%	51	100%
Angers	5	36%	11	79%	9	64%	2	22%	7	78%	14	100%
Compiègne	28	33%	66	77%	58	67%	6	10%	52	90%	86	100%
Bernay	25	33%	48	64%	50	67%	14	28%	36	72%	75	100%
Marseille	24	32%	34	46%	50	68%	26	52%	24	48%	74	100%
Toulouse	29	30%	60	63%	67	70%	21	31%	46	69%	96	100%
Pau	13	29%	25	56%	32	71%	11	34%	21	66%	45	100%
Paris	365	28%	434	34%	922	72%	605	66%	317	34%	1287	100%
Lyon	84	28%	168	56%	215	72%	91	42%	124	58%	299	100%
Caen	3	27%	8	73%	8	73%	2	25%	6	75%	11	100%
Castres	4	24%	10	59%	13	76%	5	38%	8	62%	17	100%
Nancy	8	21%	20	53%	30	79%	13	43%	17	57%	38	100%
Grenoble	77	20%	109	29%	299	80%	208	70%	91	30%	376	100%
Dijon	3	18%	9	53%	14	82%	6	43%	8	57%	17	100%
Bordeaux	13	15%	64	75%	72	85%	14	19%	58	81%	85	100%

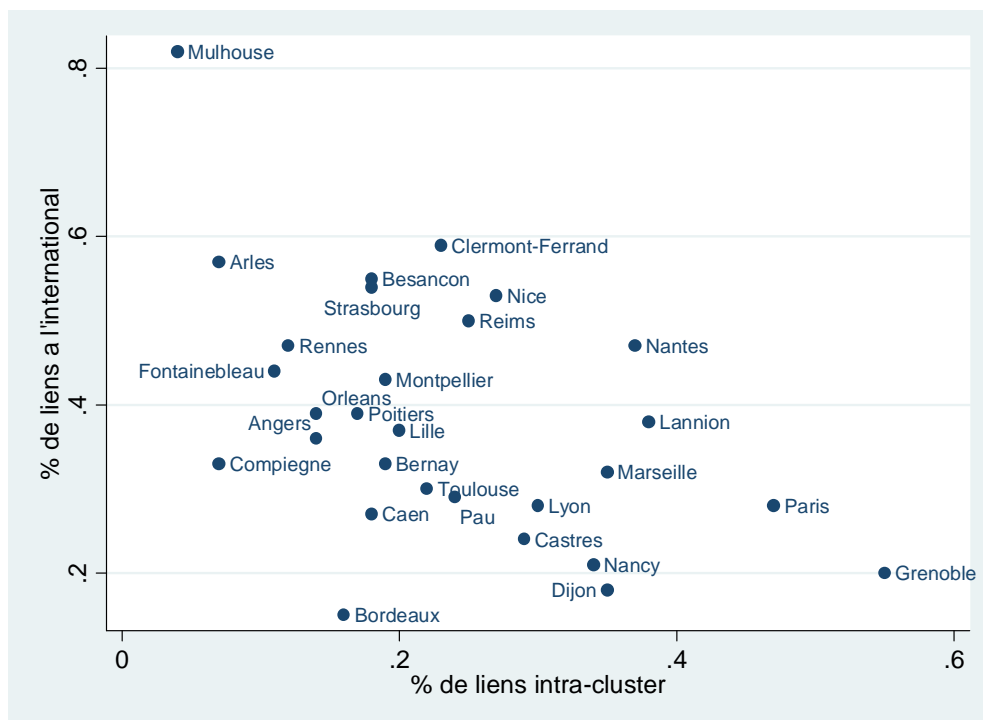
Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les chiffres représentent la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. Grisé : Clusters de 30 familles de brevets ou plus sur 1991-2004.

Nous avons identifié le fait que la présence de points d'ancrage industriels importants était souvent une source de dépôts triadiques des inventions. Le Graphique 30 montre que cela se combine généralement avec une ouverture importante concrétisée par des coventions internationales : on retrouve ici les clusters industriels tels que Mulhouse, Arles, ou Clermont-Ferrand. De manière surprenante Bernay, Compiègne ou Castres sont ici moins internationalisés.

Le Graphique 30 souligne aussi le poids des coventions internationales pour le cluster niçois où sont implantés nombre de multinationales ou pour le cluster strasbourgeois. Les clusters les plus

importants tels que Grenoble, Paris ou même Lyon sont moins internationalisés et plus centrés que prévu sur eux-mêmes : ces clusters ont des tailles suffisamment grandes pour disposer des ressources complémentaires nécessaires à la réalisation d'inventions ou privilégient des ressources nationales. Bordeaux est original ici dans la mesure où n'étant ni internationalisé, ni local, il propose un modèle national d'invention.

Graphique 30 : Part des co-inventions internationales et intraclusters en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues

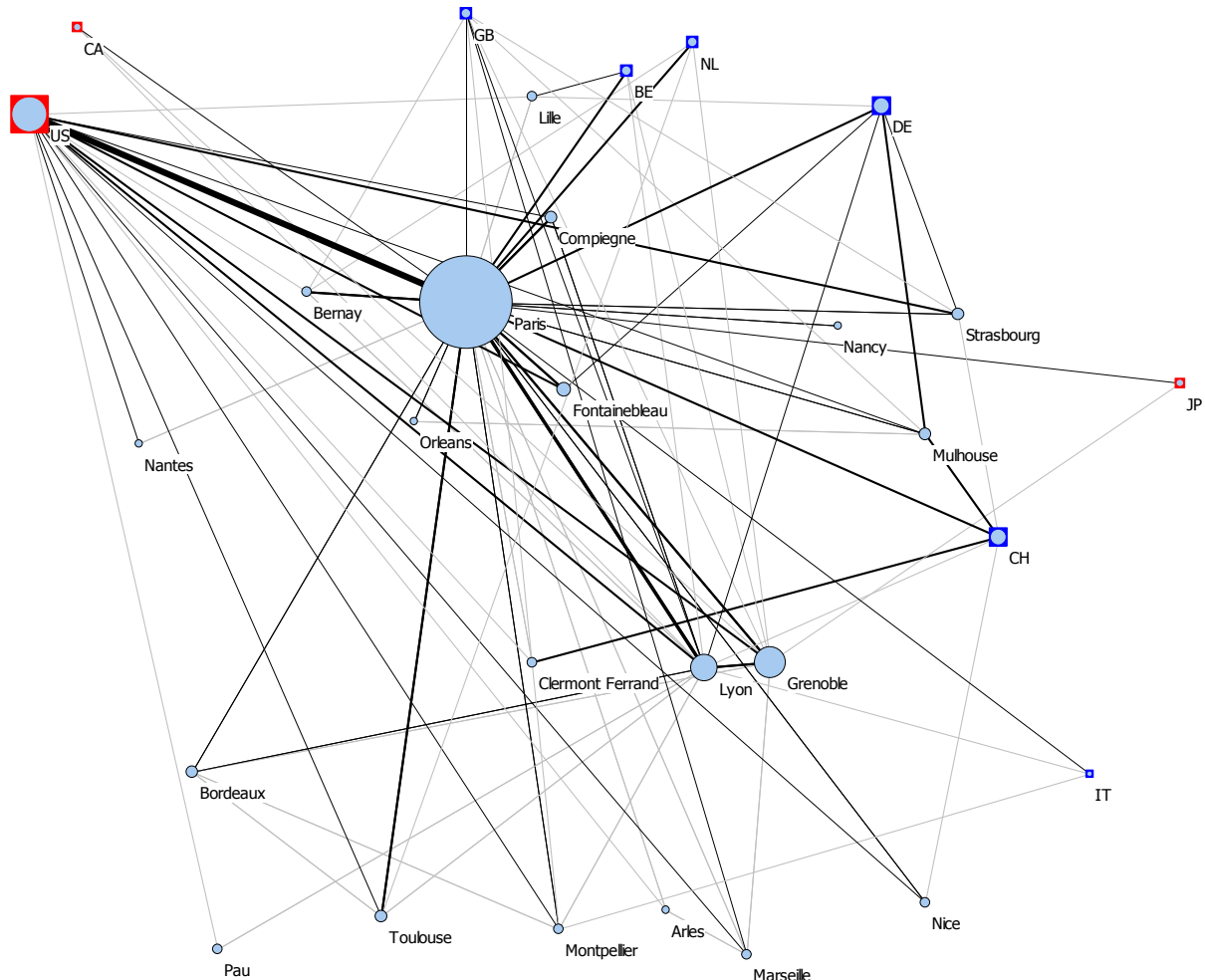


Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte.

De manière plus précise, l'identification du pays de résidence des co-inventeurs approxime les collaborations internationales en nanotechnologies. Le Graphique 31 souligne ainsi que l'activité inventive de la nanotech est en volume plus orientée vers les États-Unis qu'en nanoscience. On retrouve ici les principaux partenaires économiques européens de la France avec l'Allemagne et la Belgique tout en confirmant le rôle des Pays-Bas ou de la Suisse. Les liens de co-inventions avec la Grande-Bretagne en contrepartie plus faibles qu'au niveau académique. On notera d'ailleurs la même situation de l'Espagne qui, bon partenaire de la France du point de vue commercial et de nanoscience, ne concrétise pas ces liens au niveau des inventions. Au niveau des clusters, les plus internationalisés que sont Clermont, Strasbourg, ou Mulhouse sont tournés, ce qui souligne un effet frontière pour les deux derniers clusters, vers l'Allemagne et la Suisse. Nice et Montpellier ont des liens plus nombreux orientés vers les États-Unis comme le sont d'ailleurs des clusters dont les inventions sont moins internationales (Marseille, Montpellier, Toulouse). L'isolement du cluster grenoblois laisse néanmoins transparaître quelques liens avec

les États-Unis.

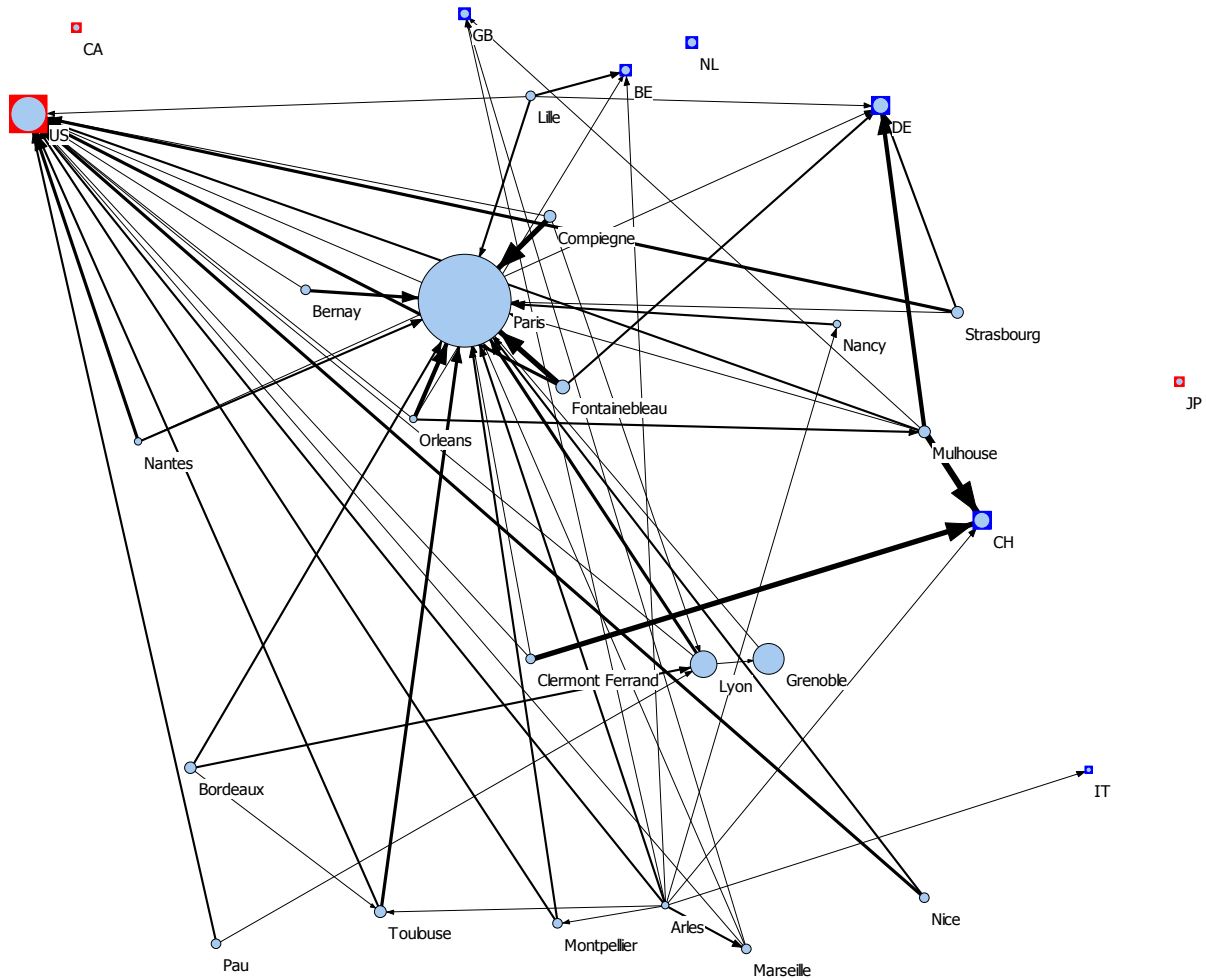
Graphique 31 : Réseau international des coinventions en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues (Quantités)



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les ronds représentent les nanoclusters technologiques français et les ronds encadrés représentent leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. La taille des cercles représente la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster ou pays. Dans le cas de l'étranger, la taille des cercles représentent que le totale de familles de brevets coinventées avec au moins un inventeur français. L'épaisseur des liens représente la quantité des coinventions de familles des brevets entre deux inventeurs de clusters ou pays différents. Ils sont représentés que les clusters avec plus de 25 familles de brevets (1991-2004) et les liens de 5 ou plus de coinventions (en noir les liens avec 10 ou plus).

Le cas de Grenoble montre que ce cluster ne compense pas la faiblesse de ses interactions nationales en nanotech par un réseau de co-invention international. Si des liens sont noués avec les États-Unis, ceux tissés avec d'autres pays restent rares même si quelques coinventions avec la Belgique, le Royaume-Uni ou le Japon transparaissent.

Graphique 32 : Réseau international des coinventions en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues (Intensité)



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les ronds représentent les nanoclusters technologiques français et les ronds encadrés représentent leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. La taille des cercles représente la quantité de familles différentes de brevets (toutes les requêtes confondues) consolidés par cluster ou pays. Dans le cas de l'étranger, la taille des cercles représentent que le totale de familles de brevets coinventées avec au moins un inventeur français. L'épaisseur des liens représente l'intensité des coinventions de familles des brevets entre deux inventeurs de clusters ou pays différents. Ils sont représentés que les clusters avec plus de 25 familles de brevets (1991-2004) et les liens qui signifient 10% ou plus du total des familles de brevets déposés dans le cluster de départ.

Cependant, c'est Paris qui, par sa taille et malgré sa faible ouverture à l'international, concentre l'essentiel des coinventions avec une forte orientation transatlantique. L'importance de Paris est cependant peut-être surévaluée par les coinventions intragroupes au sein des multinationales : d'une part, par la présence de centres de recherche de filiales françaises implantées par exemple aux États-Unis ; d'autre part par la présence outre atlantique en Allemagne ou aux Pays-Bas par exemple des maisons-mères de multinationales étrangères et de leurs laboratoires centraux (par

exemple Philips).

L'examen manuel des liens tissés sur des inventions franco-américaines confirme la place prépondérante des multinationales françaises ou américaines dans ces co-inventions. Il confirme plus précisément l'importance des multinationales françaises qui disposent de centres de R&D aux États-Unis (Air Liquide, Atofina-Arkema, Rhodia, Saint-Gobain) tout comme la place des multinationales US implantées en France (Corning, Dow, Eastman Kodac, Schlumberger, Motorola, Lucent...) ou encore la rareté des universités américaines comme codéposant. Ce dernier point est intéressant dans la mesure où nous ne retrouvons pas au niveau de la nanotech, l'importance des liens académiques transatlantiques noués en nanoscience.

Pour autant, les liens de nanotech n'offrent pas un rééquilibrage des inventions en faveur des partenaires européens. Le constat est frappant lorsque les réseaux internationaux de la nanotechnologie sont comparés à ceux de la nanoscience : de nombreux pays présents en tant que coauteurs ne le sont plus en tant que coinventeurs alors qu'une complémentarité est attendue : l'importance des liens nanotech avec les États-Unis se fait au détriment de l'Italie, de l'Espagne mais aussi du Royaume-Uni, de la Russie. Les liens de co-inventions demeurent toutefois forts avec un partenaire de type industrialisé et sur la frontière technologique : le couple franco-allemand est ainsi à la base du réseau européen de nanotechnologies comme l'était celui de la nanoscience. De même, les clusters clermontois ou mulhousien sont capables, en dépit du peu d'interactions académiques avec la Suisse de développer un nombre significatif de co-inventions avec ce pays.

Si la production scientifique est un processus internationalisé auxquels participent les acteurs français, il n'en va pas de même de la production de technologies qui est beaucoup plus nationale ou polarisée autour de très peu de pays.

Réseaux nanotech et OPR

Nous avons identifié les brevets déposés par les OPR français. Cependant, nous savons peu de choses sur les réseaux nanotech des OPR : même si nous avons vu que le poids important et croissant des OPR dans l'activité de dépôt, nous pouvons nous interroger sur la spécificité de ce réseau d'invention ou de co-invention. Le Graphique 31 souligne que les liens de co-invention par les OPR sont encore une fois dominés en France par les liens entre les trois plus gros pôles d'invention OPR que sont Paris, Grenoble et Lyon. On retrouve d'ailleurs la supériorité du tandem Paris-Lyon. Il souligne aussi l'importance des liens entre Toulouse et Paris.

La comparaison des liens de co-inventions nationales en nanotech qui a été faite avec au moins un OPR ou sans OPR montre tout d'abord des différences au sein des principaux acteurs que sont Paris-Grenoble-Lyon. Le Graphique 33 (a) souligne que les co-inventions non académiques existent essentiellement entre Grenoble et Lyon. Dès lors, les liens purement industriels d'inventions entre Grenoble et Paris sont relativement faibles tout comme ceux, mais aussi entre Grenoble et Lyon dans la mesure où moins d'inventions grenobloises sont faites indépendamment des organismes publics.

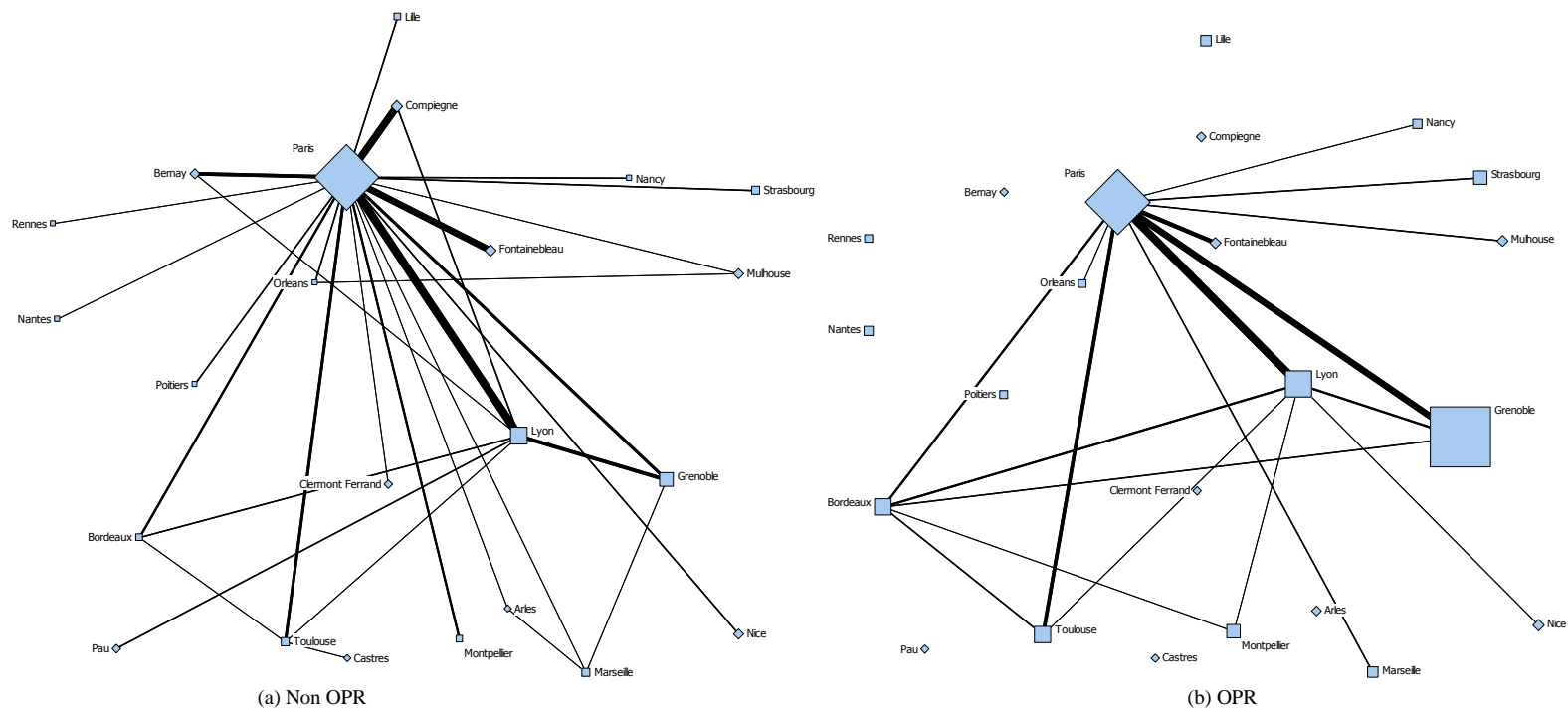
La comparaison entre le Graphique 33 (a) et (b) montre aussi que les liens non académiques interclusters sont plus nombreux que ceux académiques : on retrouve ici les clusters nanotech de Bernay et de Compiègne qui sont reliés à Paris, mais aussi des clusters plus éloignés et souvent de petite taille tels que Lille, Rennes, Nantes, Poitiers, Arles ou même Montpellier. On retrouve même des co-inventions entre coauteurs académiques dans le cas de clusters historiques de la nanoscience avec les tandems Bernay-Lyon ou Pau-Lyon qui rappellent l'importance des liens intragroupe. La distance géographique une fois de plus ne semble pas jouer un rôle important ; seuls des liens Castres-Toulouse ou Marseille-Arles sont ici identifiables alors que des liens Marseille-Grenoble, Orléans-Mulhouse, ou Bordeaux-Grenoble. A noter aussi que les liens Lille-Grenoble disparaissent dans la nanotech.

La comparaison entre le Graphique 33 (a) et (b) montre aussi que des liens de co-inventions existent surtout lorsqu'au moins un OPR fait parti des inventeurs. Ainsi, les liens entre Bordeaux et Grenoble ou entre Bordeaux et Montpellier rappelle que la présence d'OPR peut favoriser des liens de co-invention entre clusters.

La prise en compte des réseaux internationaux d'inventeurs confirme l'écart entre le réseau d'invention hors académie et ceux liés aux OPR français. La comparaison entre le Graphique 34 (a) et (b) montre que les co-inventions de nature académique sont beaucoup plus nationales qu'internationales. *A contrario*, les inventions de nature industrielle sont plus ouvertes sur l'étranger et notamment sur les États-Unis. Ce phénomène est d'autant plus important que les liens nationaux sont la plupart du temps plus faibles que les liens internationaux. Plus précisément, le Graphique 34 (a) et (b) souligne que ce sont les co-inventions purement industrielles qui ouvrent les clusters sur les réseaux nanotech internationaux.

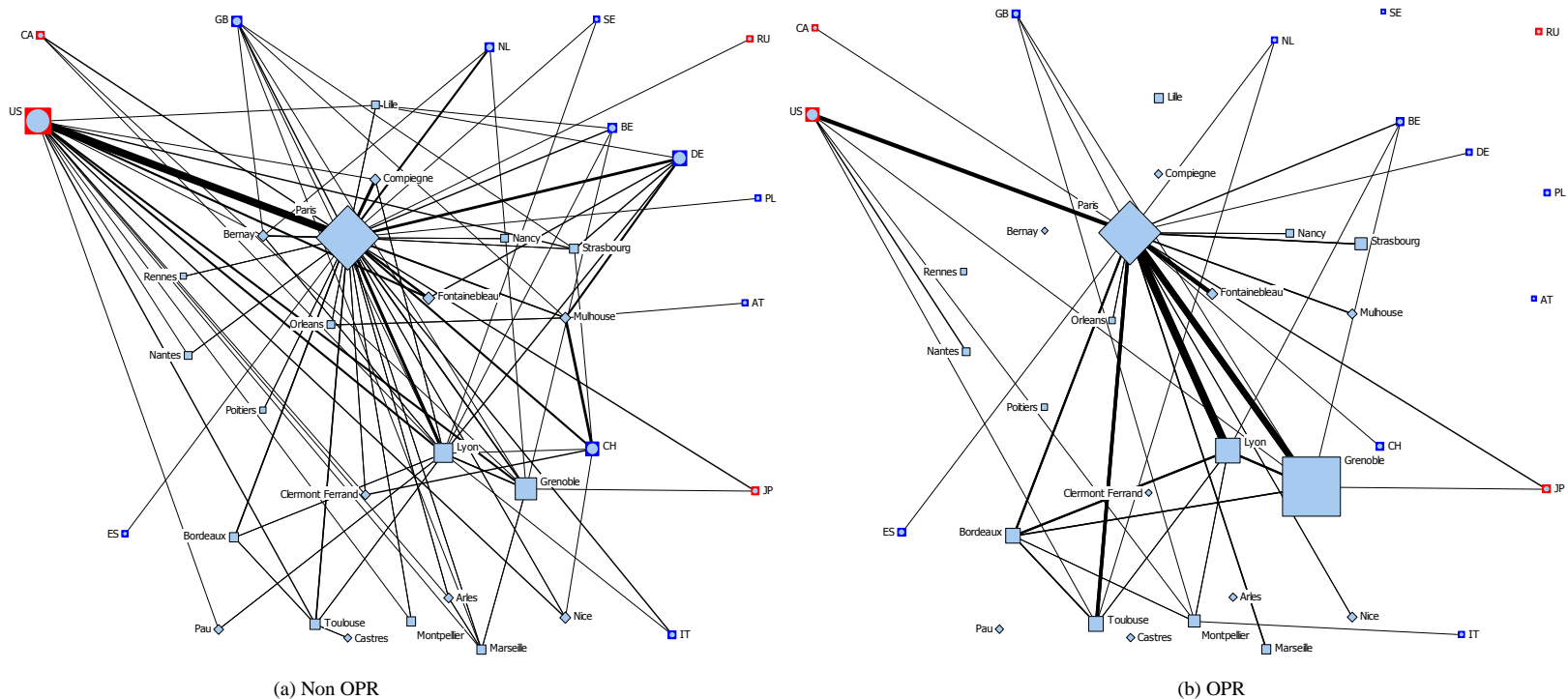
Les liens de co-inventions non académiques sont aussi toujours plus denses et ce constat se retrouve à l'international : si les États-Unis forment la principale source de co-inventions, on retrouve ici le rôle de la Suisse, de l'Allemagne ou des Pays-Bas alors que les inventions académiques estompent le rôle de ces pays européens. Les liens internationaux pour les co-inventions académiques sont plus rares comme le souligne le Graphique 34 (b). Certains liens existent ici qui n'existent pas pour des inventions « purement » industrielles : Toulouse a ainsi des liens avec les Pays-Bas alors que Montpellier montre des liens avec le Royaume-Uni ou l'Italie. Nice a des liens avec la Suisse et les États-Unis alors que les inventions de nature dite académiques sont faites uniquement avec Paris.

Graphique 33 : Réseau inter clusters des coinventions académiques et non académiques en nanotech, par cluster, toutes requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les carrés représentent les nanocluster ou la production des nanotechnologies a une forte participation des OPR (part des brevets OPR est supérieure à 25%) et les losanges où il y a une faible participation des OPR (inférieure à 25%). Leur taille représente la quantité de familles différentes déposées par au moins un OPR (b) ou par aucun OPR (a) consolidés par nanocluster. Nanocluster est défini comme les villes avec plus de 12 familles des brevets (toutes les requêtes confondues) dans la période 1991-2004 et toutes les villes dans un radius de 50 km. Exceptions ont été faites pour garder certains nanoclusters scientifiques. L'épaisseur des liens représente la quantité des coinventions de familles des brevets entre deux inventeurs de clusters différents déposés par au moins un OPR (b) ou par aucun OPR (a). Ils sont représentés que les clusters avec plus de 15 familles de brevets (1991-2004) et les liens de 5 ou plus du total des familles de brevets déposés dans le cluster de départ.

Graphique 34 : Réseau international et inter clusters des coinventions académiques et non académiques en nanotech, par cluster, toutes requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les carrés représentent les nanocluster ou la production des nanotechnologies à une forte participation des OPR (part des brevets OPR est supérieure à 25%) et les losanges où il y a une faible participation des OPR (inférieure à 25%). Leur taille représente la quantité de familles différentes déposées par au moins un OPR (b) ou par aucun OPR (a) consolidés par nanocluster. Les ronds encadrés représentent leurs partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges) et leur taille représentent que le total de familles de brevets coinventées avec au moins un inventeur français et aucun OPR (a) ou au moins un OPR (b). L'épaisseur des liens représente la quantité des coinventions de familles des brevets entre deux inventeurs de clusters différents déposés par au moins un OPR (b) ou par aucun OPR (a). Ils sont représentés que les clusters avec plus de 15 familles de brevets (1991-2004) et les liens de 5 ou plus du total des familles de brevets déposés dans le cluster de départ.

L'insertion au sein de la nanotech mondiale passe surtout par les entreprises. Ce constat offre toutefois une hétérogénéité de situations : comparativement à Paris où des liens internationaux à la fois académiques et technologiques sont tissés, le cas de Grenoble montre des brevets déposés avec des OPR repliés sur la France avec quelques coventions faites avec le Japon, la Belgique, le Royaume-Uni ou les États-Unis. Ce phénomène de replis sur Paris et la France est d'ailleurs partagé par le cluster lyonnais, marseillais, bordelais, niçois, nancéen, strasbourgeois, ou mulhousien : les inventions faites avec des OPR sont faites principalement au niveau national ne soulignant que quelques coventions avec la Belgique. Les réseaux de la nanotech académique sont donc dans les cas de Lyon, Grenoble, Bordeaux, Marseille ou Nice des réseaux essentiellement nationaux et donc moins orientés vers les États-Unis que celui de Paris ou même les autres clusters tels que Toulouse ou Montpellier. Soulignons enfin le cas de Nantes dont le réseau de nanotech académique est surtout orienté vers l'internationale (les États-Unis).

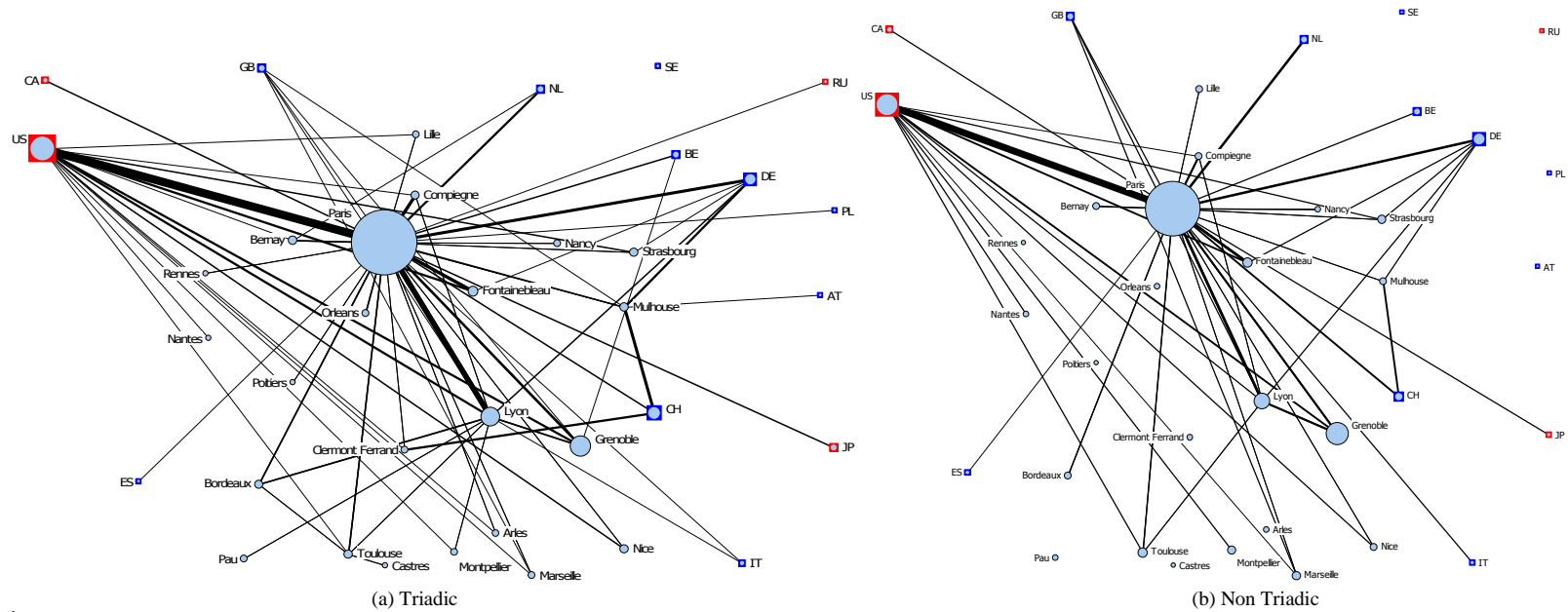
Nous avons opéré ici une distinction entre nanotech industrielle et nanotech académique. L'analyse des acteurs et des réseaux montre des différences notables entre les deux types d'invention. Certains réseaux académiques de la nanotech semblent beaucoup plus autocentrés que d'autres. Pour autant, l'hétérogénéité des situations reste délicate à expliciter : premièrement, on peut penser que les inventions académiques sont sur la frontière technologique et donc que les questions d'appropriation et d'exclusivité du déposant sont plus importantes que pour d'autres types d'inventions. Deuxièmement, certains clusters peuvent avoir des dynamiques internes qui permettent finalement de s'émanciper de compétences et collaborations externes pour achever leurs inventions. Des stratégies d'appropriation différentes peuvent enfin exister au sein des organismes qui peuvent limiter ou encourager les codépôts.

Réseau nanotech triadique

La valeur des inventions peut-être approximée par la dimension triadique des dépôts qui en sont faits. La question se pose alors de savoir si les inventions triadiques correspondent à des réseaux spécifiques de coventions. Par exemple, les coventions pourraient être à vocation triadique quand elles sont menées avec des pays sur la frontière technologique comme les États-Unis ou l'Allemagne ; *a contrario*, comme nous l'avons constaté pour les réseaux de nanoscience, les firmes pourraient ne pas collaborer avec des pays plus éloignés de la frontière (Espagne, Italie par exemple).

Le Graphique 35 (a) et (b) montre cependant que les réseaux des inventions nanotech triadiques sont très similaires à ceux menant à des inventions non triadiques : les liens interclusters sont inchangés au niveau national, mais aussi au niveau international. Seuls les clusters industriels tels que Bernay, Clermont et Mulhouse présentent des réseaux différents dans la mesure où ils déposent des brevets uniquement au niveau triadique et ne permettent donc pas par définition de comparaison avec des inventions à vocation non triadique.

Graphique 35 : Codépôts Triadiques et non Triadiques nationaux et internationaux, par clusters, toutes requêtes confondues



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1991-2004). Seulement les adresses des inventeurs ont été prises en compte. Les ronds représentent les nanoclusters technologiques français et les ronds encadrés représentent leur partenaires européens (bords bleues) et internationaux (bords rouges). Leur taille représente la quantité de familles Triadiques (a) et non Triadiques (b) déposées, respectivement. Dans le cas de l'étranger, la taille fait référence aux totaux de familles de brevets Triadiques (a) et non Triadiques (b) coinventées avec au moins un inventeur français. L'épaisseur des liens représente l'intensité des co-inventions de familles des brevets Triadiques (a) et non Triadiques (b) entre deux inventeurs de clusters ou pays différents. Ils sont représentés que les clusters avec plus de 15 familles de brevets (1991-2004) et les liens de 5 ou plus codépôts.

ANALYSE STRATEGIQUE

Cette dernière partie avant la conclusion offre une synthèse des résultats avant de proposer une mise en perspective. Elle permet plus particulièrement de caractériser la variété de la nanoscience et de la nanotech française pour éclairer les choix stratégiques des décideurs politiques.

Synthèse des résultats

Nos résultats montrent l'hétérogénéité des clusters²¹ nano français et de leur évolution. En guise de grille de lecture, nous proposons de résumer tout d'abord nos résultats sur la nanoscience avant de relier ceux-ci aux résultats obtenus pour la nanotech.

La nanoscience

La France est un pays majeur par le nombre des contributions dans les disciplines liées aux nanosciences. Elle produit ainsi des connaissances nouvelles qui sont autant d'opportunités de publications académiques ou de valorisations industrielles mesurées par les publications réalisées par les entreprises. Ces publications, faites seules ou en collaboration avec des chercheurs académiques, soulignent la capacité d'absorption de ces firmes situées *a priori* à la frontière technologique.

L'analyse des acteurs de la nanoscience montre une suprématie attendue des hauts lieux de la recherche française qui concentrent habituellement les ressources académiques (Paris, Grenoble, Lyon, Toulouse, Montpellier, Marseille, Bordeaux, Strasbourg...). L'hétérogénéité de ces acteurs de la nanoscience doit cependant être soulignée au regard de leur internationalisation, leur spécialisation, ou leur degré d'industrialisation. Ainsi, la nanoscience française comme la plupart des disciplines académiques est très internationalisée et repose peu sur des logiques de proximité géographique même si des exceptions existent dans certains endroits (par exemple Besançon).

Des différences de spécialisation soulignent la variété des stratégies académiques développées par les acteurs. La spécialisation historique forte en science physique et la présence d'organismes de recherche publics dans ces disciplines (CNRS, CEA...) ne doivent pas masquer l'importance croissante de la chimie-pharmacie, de la biotech ou de la médecine au sein des nanosciences. L'analyse souligne cependant que, selon les disciplines de la nanoscience, l'importance des collaborations internationales varie sensiblement.

Enfin, le poids de l'industrie est très variable selon les zones considérées : d'une part, les firmes situées en France peuvent peser de manière importante sur la nanoscience ; les financements des laboratoires académiques par les entreprises, la participation commune à des programmes européens ont depuis longtemps conduit à des copublications importantes soulignant la capacité

²¹ Que nous avons défini comme une concentration géographique d'acteurs dans la nano-science (via les articles académiques) ou d'acteurs de la nanotech (via les brevets).

d'absorption de ces firmes qui sont plutôt ancrées dans le système français de la nanoscience. D'autre part, ces firmes contribuant à la nanoscience française peuvent être situées à l'étranger (coauteurs de l'université de Strasbourg par exemple) ou ne pas vraiment collaborer avec les laboratoires académiques locaux (firmes implantées à Valbonne).

La typologie suivante a le mérite de souligner l'hétérogénéité des dynamiques à l'œuvre même si celles-ci restent parfois à éclaircir. Elle permet de mieux cerner les limites des modèles évoqués et donc les outils potentiels de politiques scientifiques et technologiques à mettre en œuvre pour pérenniser ou transformer ces systèmes de la nanoscience française. Six modèles se distinguent au sein de la nanoscience. Si nous les classons par leur poids dans le système français de nanoscience, nous avons :

- Le *modèle académique national* constitue une première classe « fourre-tout » dans laquelle se retrouve les grands et les petits acteurs, plus ou moins internationalisés, industrialisés et spécialisés. On peut penser à des clusters tels que **Paris**, **Toulouse** ou **Marseille** pour ne citer que les clusters les plus importants. Paris est ici original par sa taille et la présence conséquente d'entreprises de la nanoscience.
- Le *modèle industrialisé localisé* regroupe au sein d'une zone restreinte des activités académiques importantes ainsi que des activités industrielles de production et de recherche également importantes. Ici, l'industrie spécialisée fait de la R&D, mais collabore essentiellement avec les laboratoires académiques locaux qui sont eux-mêmes internationalisés pour assurer une fonction de fournisseur de connaissance et de Gatekeeper. Le cas de **Grenoble** appartient à ce type de modèle.
- Le *modèle industrialisé historique* concerne enfin les acteurs spécialisés de la nanoscience essentiellement industrielle situés historiquement en dehors des clusters académiques et qui dépendent toujours des réseaux industriels (groupe, locaux ou internationaux) et académiques variés pour produire des connaissances nouvelles. Les firmes situées à **Lacq**, à **Bernay** constituent l'archétype de ces firmes qui existent dans différentes régions françaises.
- Le *modèle internationalisé* produit une connaissance académique importante et de niveau international et coproduit cette connaissance plutôt avec des laboratoires de multinationales étrangères situés à l'étranger sans interagir avec l'industrie locale. Le cas de **Strasbourg** est le plus marqué ici.
- Le *modèle dual* concerne les sites où recherche académique et industrielle se côtoient sans toutefois créer de dynamique de recherche commune. L'industrie, souvent réduite à des centres de recherche de grandes firmes nationales ou internationales, collabore bien avec des laboratoires académiques ou même des firmes, mais ceux-ci sont essentiellement situés à l'étranger ou dans d'autres centres académiques plus importants. **Sophia-Antipolis** est représentative de ce mode de fonctionnement.
- Le *modèle autarcique* produit des connaissances nouvelles de volume restreint et de manière autonome. Cette connaissance n'est pas plus valorisée à l'international qu'au

niveau local où la capacité d'absorption de l'industrie semble faible. Le cas de **Besançon** est typique de cette production autarcique de connaissance.

La partie suivante qui sera consacrée à la nanotechnologie sera utile pour saisir les enjeux et les outils propices au rapprochement science-industrie.

La nanotech

Un modèle historique nanotech existe et cristallise le modèle historique de la nanoscience autour des capacités de production des nanomatériaux. Les acteurs sont ici des multinationales pour la plupart, mais dont le nombre de brevets en nanotech rivalise avec nombre de pôles universitaires de province. Les inventions sont faites en commun avec des inventeurs étrangers, mais rarement avec des chercheurs académiques nationaux, et occasionnent des dépôts essentiellement triadiques. Ces firmes sont spécialisées en chimie macromoléculaire et dans les procédés de production. Les clusters de Mulhouse, de Lacq-Pau, de Bernay, de Clermont-Ferrand, d'Arles, de Compiègne ou de Saint-Fons appartiennent à cette catégorie historique. On retrouve ici les lieux d'implantation des multinationales françaises de type Atochem-Arkema, Michelin. Le cas de Clermont-Ferrand est original dans la mesure où ce cluster est, par rapport aux autres clusters historiques des nanomatériaux, spécialisé sur les transports et présent sur la chimie à travers le rôle de Michelin. Mulhouse bénéficie d'un effet frontière important avec la Suisse et son importante industrie chimique (Bâle). À noter aussi que nous introduisons aussi ici Saint-Fons comme cluster à part entière dans cette catégorie dans la mesure où Lyon montre une double spécialisation nanotech (nanomatériaux et nanobio).

Les nanomatériaux sont dominés par des multinationales françaises (Atochem-Arkema, Saint-Gobain...) ou devenues étrangères (Arcelor sur Thionville-Metz) qui constituent des points d'ancrage locaux autour desquels s'articulent des compétences complémentaires. Il est intéressant de noter que la nanotech correspond ici à la spécialisation régionale principale que ce soit en Aquitaine (Pau, Lacq, Bordeaux), en Normandie (Bernay - Caen - Le Havre), ou en Alsace (Mulhouse) ou même au Sud de la Vallée du Rhône (Avignon, Arles, Fos-Etang-de-Berre). L'émergence de start-up ici semble possible à l'instar de l'émergence des biotechs par rapport aux grandes firmes pharmaceutiques. Toutefois, les modes de production peuvent être différents avec des coûts fixes sur ces nouveaux matériaux et procédés qui entraînent des zones de rendements croissants supérieures à ce qui peut être rencontré en biotech. Dès lors, la taille de telles start-ups devrait rester en moyenne encore plus restreinte que dans le cas des biotechs. Un obstacle pourrait être ici la faiblesse de l'environnement académique : seul Saint-Fons finalement côtoie une recherche académique importante alors que les autres clusters sont plus isolés même s'ils sont souvent situés à côté de villes universitaires (Pau, Rouen, Mulhouse, Metz). Ces firmes de nanomatériaux reposent également sur des laboratoires de R&D éloignés limitant potentiellement la valorisation locale de ces interactions. Les différences entre les clusters reposent sur leurs différents degrés d'ouvertures à l'international alors que les entreprises de ces clusters sont dominées par des multinationales françaises ou étrangères implantées de par le monde (Europe et États-Unis essentiellement). Nous pouvons dès lors distinguer deux types de clusters historiques autour des nanomatériaux :

- **Les clusters nanomatériaux nationaux** qui rassemblent les clusters historiques tels que **Lacq-Pau**, **Compiègne** ou **Bernay-Caen** et qui déposent leurs brevets au niveau triadique (E.U., U.E. et Japon à la fois).
- **Les clusters nanomatériaux internationalisés** qui regroupent les clusters historiques tels que **Saint-Fons**, **Avignon** ou **Mulhouse**.

L'appartenance de **Metz-Thionville** à l'un ou l'autre de ces deux types de clusters reste à déterminer.

La nanoélectronique, dominée en France par les semi-conducteurs, est organisée autour de ST Microelectronics et de multinationales étrangères qui constituent l'essentiel des capacités technologiques implantées sur le territoire français et qui sont historiquement dominantes sur leurs marchés (IBM, Motorola, Siemens, Philips...). Cette troisième composante pose problème dans le sens où les principaux acteurs, quel que soit leur degré d'intégration au tissu local de la science, appartiennent à des firmes dominantes dont l'objectif est notamment de limiter l'entrée de nouvelles firmes sur le marché. Dès lors, le succès de Grenoble peut sembler paradoxal puisque l'objectif des firmes en place est bien de valoriser les inventions sur un marché mondial. A ce titre les filiales de firmes étrangères situées en France peuvent se tourner vers d'autres filiales pour développer les inventions faites à Grenoble, à Marseille ou Nice pour déterminer, via des interactions verticales avec des lead-users sur les marchés utilisateurs les plus avancés (États-Unis). Contrairement au cas des nouveaux nanomatériaux dans lesquels la France et l'Europe offrent une spécialisation, un niveau et des lead-users de taille mondiale, la création de valeur ajoutée locale est donc limitée ou volatile. D'autant plus que la production pourra être faite dans des pays tiers à faible coût de main-d'œuvre. La division verticale de la chaîne de valeur sur des marchés évoluant très vite pose donc un problème majeur pour un pays qui essaye de faire émerger et de stabiliser, mais aussi de faire croître les richesses issues d'une industrie nanoélectronique à la Française : émergence, stabilité et croissance semblent ici trois phases plus délicates les unes que les autres à mener pour des responsables de politiques publiques aux pouvoirs limités face à des multinationales dominant leurs marchés.

Nos résultats sur la nanoélectronique rappellent aussi le peu de sites de production en France et donc les difficultés que peuvent rencontrer des politiques scientifiques et technologiques qui voudraient ici favoriser une nanotech nationale en l'absence, encore une fois, d'un ciblage d'entreprises suffisamment importantes pour constituer des points d'ancrage. Ce dernier point nous semble essentiel dans la mesure où des clusters peuvent bénéficier d'un niveau académique important sans pour autant avoir localement des entreprises avec des capacités d'absorption suffisantes. Le cas de Marseille est ici intéressant avec une spécialisation faible, mais relativement cohérente avec sa spécialisation scientifique sans toutefois entraîner d'imbrication entre science et industrie. Contrairement à Grenoble et comme à Nice, le cluster nanoélectronique Marseillais collabore peu avec l'académie, mais contrairement à Nice, les inventions ne donnent pas lieu à coopération internationale ou à dépôt triadique. Cela suggère une certaine faiblesse des multinationales étrangères localisées autour de Marseille. Dans le cas des nanodevices à Besançon, le nombre très limité de brevets suggère un essor encore plus limité de la nanotech malgré une politique publique soutenue au sein de ce cluster. Le cas du cluster en optique de Lannion autour de Alcatel et France-Telecom reste aussi relativement flou au regard du faible nombre de publications dans les domaines de la nanotech.

En gardant en tête les limites méthodologiques, trois types de clusters nanotech se dégagent autour de la nanoélectronique. Par ordre croissant d'importance nous avons :

- Le **modèle nanoélectronique imbriqué** dans lequel on a une interaction forte et locale entre science et technologie. Les inventions y sont faites dans des collaborations locales science-industrie et les entreprises ne sont pas assez fortes pour s'approprier les inventions menées en coopération avec laboratoires publics. L'internationalisation de la recherche académique ne transparait pas toutefois dans des coventions faites pour la majeure partie en autarcie. Le cas de **Grenoble** appartient à ce type de modèle.
- Le **modèle nanoélectronique dual** qui produit des connaissances scientifiques et de la nanotech sans toutefois créer de dynamique de recherche commune. L'industrie, souvent réduite à des centres de recherche de grandes firmes nationales ou internationales, collabore bien avec des laboratoires académiques ou même des firmes, mais ceux-ci sont essentiellement situés à l'étranger ou dans d'autres centres académiques plus importants. **Nice-Sophia-Antipolis** est représentative de ce mode de fonctionnement et apparaît comme un modèle dégradé du modèle grenoblois : la recherche académique venue s'installer dans un second temps reste trop restreinte ou pas assez en phase avec l'industrie locale pour proposer à l'industrie locale un nombre suffisant d'opportunités de collaborations et de codépôts. **Marseille** appartient peut-être aussi à ce type de cluster même si le rôle des multinationales semble plus restreint orientant finalement le cluster phocéen vers notre troisième type de cluster de la nanoélectronique.
- Le **modèle nanoélectronique flottant** qui n'est autre que le modèle autarcique de la nanoscience qui ne parvient pas à trouver des débouchés nationales ou internationales. L'absence d'entreprise de taille critique semble jouer ici un rôle, démontrant ainsi que cet ancrage est difficilement substituable à des start-ups ou des PMI-PME. La taille restreinte des capacités de production académique couplée à des opportunités de marché moins bien identifiées entraîne ici un risque élevé de stagnation due à la probabilité faible de croissance des entreprises locales. **Besançon** semble appartenir à ce type de cluster.

L'appartenance de **Lannion** à l'un de ces trois types de cluster reste à déterminer.

Enfin, les clusters nanotech spécialisés en biochimie, biologie, pharmaceutique ou encore en biotech rassemblent nombre de clusters nanotech dans lesquels les organismes publics de recherche occupent aussi une place importante. Cependant, la synthèse des différents cas reste délicate malgré les précisions apportées par les données brevets. Nous proposons ici de rester sur trois types de clusters qualifiés de nanobio que nous classons selon leur poids dans la nanotech :

- Une première classe mêle des **nanobiotech autocentrées** dans des clusters de grande taille et industrialisées avec de nombreux brevets triadiques, mais rarement académiques. **Paris** et **Lyon** appartiennent à ce modèle dans lequel les interactions OPR-industrie restent nombreuses.
- Le **modèle nanobiotech internationalisé** produit une connaissance académique et des inventions dans des processus internationaux. Dans ce cluster nous pouvons recenser seulement **Strasbourg**, les OPR ne sont toutefois pas spécialement au cœur des dépôts d'inventions et ces inventions faites ne sont pas plus triadiques que dans les autres clusters académiques similaires. Les données disponibles ne permettent pas de conclure sans information additionnelle ou traitements supplémentaires et permettent plusieurs conjectures (exemple : l'industrie biotech locale a pris en partie le relais de la

nanoscience et les interactions se situent souvent en dehors des coinventions).

- Le **modèle nanobiotech national** est un modèle basé sur un réseau non plus international, mais national de collaborateurs avec une forte présence académique et qui débouche sur des inventions déposées au niveau triadique. **Bordeaux** est le type même de ce cluster qui n'est pas assez grand pour inventer de manière autonome et qui est capable d'aller chercher au niveau national des partenaires.

Les autres clusters sont souvent de trop petite taille pour être proposés au sein d'une classe ou encore ne propose pas d'évolution claire aussi en termes scientifiques ou technologiques pour pouvoir en faire une synthèse. Les clusters de Montpellier, Toulouse, Lille, Nancy, ou de taille inférieure sont concernés ici. Ces clusters ont souvent des liens nationaux et internationaux aussi bien en science qu'en technologie. Ils ne sont donc pas forcément « flottants » malgré l'absence de points d'ancrage industriels forts ou clairement spécialisés autour de la nanotech. Nous revenons sur ce point dans la mise en perspectives.

Mise en perspectives

La diversité des configurations possibles sur les différents clusters de la nanotech française a des répercussions sur la façon dont les politiques scientifiques et technologiques peuvent être pensées. En nous centrant sur la problématique des nanotech et des transferts de connaissances scientifiques et technologiques, nous abordons successivement trois aspects des politiques S&T de la nano : la dimension régionale des politiques, la politique de mise en réseaux des acteurs et enfin celui de leur spécialisation.

Sur les politiques nano « régionalisées »

La France s'est dotée de nombreux outils S&T dédiés aux nano. De nombreux discours politiques, articles académiques insistent sur le fait que des clusters efficaces sont des clusters qui ont réussi à créer une dynamique locale tout en restant ouverts afin d'assurer la qualité des connaissances produites et utilisées. Cette vision d'une interaction localisée entre sciences et industrie est relayée par les actions politiques qui veulent, en investissant localement dans des capacités académiques de production, attirer des entreprises nationales ou internationales qui viendront s'implanter autour de ces laboratoires publics, créer une dynamique autour du tissu industriel local existant, permettre l'émergence et la croissance d'entreprises nouvelles. Cette vision est d'autant plus forte qu'elle est relayée par les politiques S&T des régions.

Notre analyse souligne toutefois les trois difficultés d'une telle stratégie régionale pour les nano.

Sur l'attractivité des capacités de recherche publique (nano) au sein des grandes métropoles : l'attractivité de la recherche publique est souvent présentée comme déterminée par sa taille critique, sa spécialisation et sa réputation. Le cas de Grenoble est ici souvent cité et motive les efforts faits pour consolider les acquis en nanoélectronique. Trois écueils à ce type de stratégie. La masse critique de chercheurs publics peut-être intéressante pour éviter les goulots

d'étranglement mais ne sera jamais l'élément essentiel d'une localisation basée sur l'excellence ; les recherches montrent que les localisations d'entreprises peuvent cependant se faire autour d'équipes très restreintes (Star scientists à la Darby et Zucker) et donc la question est peut-être plus ici de signaler aux entreprises la qualité des recherches que d'en signaler la quantité. A titre d'exemple, la taille effectivement mondiale de l'Île-de-France calculée en termes d'effectifs ou même de publications n'est pas une garantie de qualité²², d'homogénéité ou d'attractivité. Enfin, la faiblesse des salaires, des carrières ou des moyens pour la recherche dans les ESPT français ou même les « Grandes Ecoles » françaises marquent une capacité très limitée d'attractivité de la France pour les chercheurs de pays situés sur la frontière technologique. L'incapacité des organismes français à racheter les fonds de pension de chercheurs américains ou anglais (surtout seniors) participe aussi à cette faible attractivité de la recherche française pour des leaders académiques anglo-saxons.

Le second écueil du raisonnement repose sur la non-prise en compte des cofacteurs de localisation : ces codéterminants peuvent limiter l'attractivité du territoire et faire stagner les clusters choisis : l'absence de services (école internationale), d'accessibilité (aéroport international, TGV), de ressources attractives (culturelles, mer, montagne...) constituent des éléments importants pour la localisation des entreprises. Sur cette dimension, l'attractivité de Besançon, Limoges, Paris ou Troyes pour ne citer que quelques plateformes retenues pour la nanotech française, pose ici question alors que des villes telles que Toulouse et Lyon ont peut-être plus d'atouts pour des entreprises à la recherche de qualité de vie pour leurs employés ultraqualifiés faisant jouer le marché mondial du travail. Le retard Français en termes de capacité d'accueil (par exemple l'absence de crèches ou d'écoles bilingues) ou d'offres culturelles anglophones (par exemple, l'absence des chaînes de langue anglaise autres que les chaînes d'information sur le câble ou l'ADSL) reste semble-t-il à combler.

Enfin d'un point de vue dynamique la colocalisation des concurrents de grande taille au sein du même cluster est un atout pour l'implantation des entreprises suiveuses qui peuvent partager localement plusieurs types d'externalités (technologique, marché du travail...). Cet aspect souligne l'importance de la présence ou non de points d'ancrage industriels au niveau local. La politique de recherche risque aussi l'inefficacité en négligeant l'importance d'un cofacteur tel que la présence au niveau local d'acteurs importants tels que des fournisseurs, des producteurs ou des utilisateurs de nanotechnologies seuls à même de créer une dynamique de création de connaissance et, en même temps, une valorisation locale de ces connaissances. Cette dernière remarque sur une politique qui vise l'attractivité nous amène à l'objectif suivant.

Les politiques nano visent aussi à favoriser les **liens entre recherche publique et les industries** locales (fournisseurs, producteurs, utilisateurs). Sur la nanotechnologie, ces interfaces sont présentées comme souhaitables ou naturelles alors que nos résultats montrent des entreprises qui n'ont pas forcément d'interactions fortes avec les forces académiques locales (Nice) ou des entreprises qui interagissent avec des partenaires situés plutôt ailleurs en France (Bordeaux) ou

²² Si le poids et la qualité de la nano en Ile de France sont identifiés, le taux de croissance est faible par rapport à d'autres clusters mondiaux (ex : Singapour) qui sont de taille inférieure (Voir Larédo *et al.*, 2009). On devrait donc assister au déclassement rapide et mécanique de l'Ile de France au niveau mondial dans les prochaines années. Seule la qualité devrait donc permettre à ce cluster de surnager dans les rankings internationaux.

bien encore situées à l'étranger (Strasbourg) avec des stratégies fortement influencées par les grandes multinationales et leurs filiales (Clermont-Ferrand, Nice, Mulhouse...).

L'inadéquation de la recherche académique au tissu industriel local est un obstacle majeur à l'efficacité des transferts science-industrie. En l'absence d'industries ou de services au niveau local, soit les productions académiques trouvent de par leur niveau mondial une valorisation externe (le cas de Strasbourg par exemple) soit elles risquent d'être non utilisées ou mal utilisées par le faible potentiel du tissu industriel local (Lille ?). L'existence d'une capacité d'absorption ainsi qu'une convergence disciplinaire n'est toutefois pas synonyme d'une demande de résultats académiques satisfaite localement et il est aussi possible d'aboutir à une dualité du modèle de production de connaissance (Nice).

Deux réponses sont alors possibles : la première est de promouvoir la valorisation des résultats académiques par la création d'une capacité d'absorption des entreprises (par des subventions, du crédit d'impôt recherche). Cette politique est menée au niveau national et ne favorise pas forcément les interactions locales. Dès lors une seconde et ultime solution pour une politique nano régionale basée sur la science consiste en la construction d'une capacité entrepreneuriale locale : la mise en place d'incubateurs, d'aides aux start-ups, de formations *ad hoc* constitue alors une mission par défaut des initiatives locales d'aide aux nano. Nos résultats basés sur les brevets montrent d'ailleurs la rareté des microentreprises comme déposants de brevets même si de nombreux brevets peuvent être détenus par l'entrepreneur. Nos données ne signifient pas l'absence de valorisation de la recherche : les entreprises considérées peuvent par exemple reposer sur des licences accordées par les organismes publics. Cependant, notre rapport suggère deux limites importantes à ce schéma linéaire de création d'entreprises de croissance à partir de la connaissance académique produite : premièrement, rien ne dit que ce sera localement que seront créés et valorisés des idées souvent co-inventées. Ici encore, la valorisation la plus efficace sera peut-être faite au sein d'une start-up étrangère sans pour autant engendrer, au-delà de potentielles royalties, de développement économique au niveau du cluster ou de la France. Deuxièmement, le cas des nanotech est sensiblement différent de celui des biotechs ou des TIC dans la mesure où de nombreuses start-ups ne pourront atteindre leur taille minimale efficace : les coûts fixes liés à l'industrialisation des nano composants (matériaux, électroniques ou même bio) supposent des prises de contrôle très rapides de ces jeunes pousses. Un risque majeur est que les entreprises intéressantes soient alors rachetées par des capitaux étrangers et leurs activités transférées à l'étranger (le syndrome israélien).

Ces traits soulignent les difficultés d'un modèle historique français avec des politiques menées par des régions ou des acteurs structurés au niveau régional qui ne prennent pas en compte l'industrie dans la création de postes (EPIC, EPST) ou qui risquent d'adopter une vision par trop régionale des liens science-industrie. Le carcan régional semble donc relativement intenable soulignant la nécessité de penser et maîtriser une valorisation de la recherche nano à des niveaux supérieurs (Europe, Monde) dans lesquelles les chercheurs et inventeurs sont à même de négocier et de valoriser au mieux leur savoir-faire. Le constat est d'autant plus marquant que les nouvelles technologies de l'information affranchissent chaque jour un peu plus les acteurs du local.

La création d'une dynamique locale est aussi présentée comme autant d'opportunités de coopérer

avec d'autres clusters nationaux ou internationaux pour produire des connaissances scientifiques ou technologiques. Cette ambition nous amène aux politiques de réseaux.

Les politiques de réseaux

Notre rapport souligne la complexité des politiques habituelles visant à la constitution de dynamiques locales entre nanoscience et nano-industrie. Il montre en outre que nombre de clusters importants de la nano sont très éloignés des capacités académiques françaises (Bernay, Lacq, Mulhouse) et donc délaissées par les principales mesures d'aides localisées. Ces deux aspects semblent pris en compte par les décideurs publics puisque les politiques nano régionales (on insiste sur tels ou tels clusters) sont couplées à une politique active de mise en réseau des acteurs (tel cluster est relié à tel cluster, ou tel cluster est chargé de fédérer les différents acteurs nationaux ou mondiaux). Cette politique repose sur l'idée que les réseaux permettent aux agents d'améliorer leurs connaissances en favorisant les flux de connaissances entre nœuds. Dans le cas de technologie émergente, la multiplication des laboratoires et des entreprises (Grandes, petites) se consacrant complètement ou en partie au nouveau champ scientifique et technologique renforce l'intérêt de tels réseaux par rapport aux secteurs oligopolistiques et stables dans lesquels les acteurs sont bien identifiés tous comme les liens qui les unissent. Ils permettent de faire circuler plus efficacement les connaissances entre acteurs, notamment en intégrant plus efficacement des acteurs auparavant marginaux.

Notre analyse des liens scientifiques et technologiques souligne cinq points :

- La concentration des clusters n'est pas une source d'efficacité en termes d'intensité de participations à des réseaux que ce soit au niveau national qu'international. La plupart des clusters de grande taille présentent ainsi des participations faibles à des réseaux comparativement aux clusters de plus petite taille. Cette autonomie peut être considérée comme une force – tout comme une faiblesse si elle marque l'incapacité de nouer des liens avec d'autres acteurs, notamment les leaders mondiaux. Ici, l'analyse faite est en l'état, incapable de juger de la qualité des réseaux des différents acteurs français.
- Le second point est une inertie importante de la structure des réseaux malgré l'évolution des poids des acteurs. Ainsi, le déclin de l'Île-de-France ne semble pas avoir amené une recomposition des réseaux de nanoscience : le poids de Paris est toujours si important que le peu de collaboration scientifique ou de co-inventions faites par ce cluster représente l'essentiel des liens de nombreux clusters de Province.
- On trouve en outre une hétérogénéité des situations avec des clusters qui arrivent à fédérer des collaborations scientifiques et d'autres pour lesquels cela est plus délicat. Dans ce cadre, Grenoble est bien moins central que Lyon qui fédère plus d'acteurs nationaux autour de lui ; Mulhouse, Strasbourg et Arles produisent de la connaissance avec essentiellement l'étranger alors que Bordeaux le fait au niveau national.
- Notre analyse des réseaux suggère qu'une bonne partie des réseaux scientifiques et

technologiques des firmes reposent sur des multinationales et les liens qui existent entre leurs implantations en France ou à l'Étranger (les réseaux niçois, bellifontain, mulhousien ou palois).

- Si l'importance des collaborations avec les États-Unis est indéniable, notre rapport souligne que l'Allemagne est le partenaire européen essentiel au niveau scientifique et technologique pour les laboratoires et les entreprises françaises.
- Enfin, les résultats montrent que la recherche Française, si elle est capable de nouer des liens avec des chercheurs anglo-saxons est incapable de collaborer avec les pays asiatiques que ce soit la Chine, le Japon, la Corée ou Taiwan qui forment une part essentielle et croissante de la nanoscience et de la nanotechnologie mondiale.

L'importance des différences entre acteurs combinée à l'hétérogénéité de leurs réseaux souligne les difficultés que les acteurs rencontrent dans la gestion des réseaux nanotech. Cette difficulté concerne aussi bien les personnes en charge des politiques publiques que les entreprises qui ont bien souvent une vision parcellaire des réseaux qu'ils doivent optimiser.

L'hétérogénéité des acteurs et de leurs réseaux est aussi due à leur spécialisation scientifique et technologique, aspect sur lequel nous n'avons pas encore insisté.

Les politiques de spécialisation

Nos résultats, confrontés aux discours et mesures prises au cours des 10 dernières années appellent plusieurs remarques.

Les politiques nanotech et les discours donnent finalement un grand poids aux semi-conducteurs dans lesquels la France n'est pas spécialisée alors que de nombreux clusters de la nanoscience française évoluent rapidement vers la biotech ou la chimie. Une telle polarisation renforce le risque d'obtenir finalement une spécialisation trop faible (pas de masse critique pérenne), une spécialisation trop étroite pour intéresser plusieurs industriels (une politique de niche nano) ou encore une mauvaise spécialisation de la France dont les forces industrielles sont plus orientées vers la chimie et les procédés des nanomatériaux ou la nanobio dans ses composantes pharmaceutique, génétique et médicale. Le succès relatif de Grenoble ne doit pas occulter les difficultés industrielles récurrentes rencontrées par ce cluster et le fait que ces mêmes difficultés sont des menaces bien plus dangereuses pour des clusters de nanoélectronique de petite taille tels que Fontainebleau ou Lannion. De même, parier sur une spécialisation lilloise dans les domaines de la nanoélectronique sans acteurs locaux pour ancrer les interactions recherche-industrie fait reposer la valorisation sur des liens Lille-Grenoble pour l'instant visibles uniquement au niveau de la nanoscience. Notre rapport suggère un rééquilibrage de la politique nano vers les nanomatériaux reposant sur deux traits de l'économie française : la France est comme nous l'avons déjà dit spécialisée dans la chimie, la pharmacie, les cosmétiques, le médicale et finalement peut-être la biotech. Autant de spécialités qui vont être transformées rapidement par l'essor des nanomatériaux et qui représentent des marchés aussi importants que la nanoélectronique au niveau mondial (Fecht et al., 2003). En second lieu, la France est aussi

spécialisée dans les moyens de transport, l'agroalimentaire ou les produits de luxe qui peuvent être des secteurs initiateurs, développeurs, ou utilisateurs de ces nouvelles connaissances scientifiques et technologiques et ainsi créer des filières dynamiques sans pour autant attendre la croissance hypothétique de startups pour cela.

Un second point concerne moins l'aval que l'amont de la nanotech avec une capacité réelle, mais qui semble occultée, de la France dans la recherche et l'invention en nanotools alors que ceux-ci sont essentiels dans les phases d'essor de connaissances et artefacts nouveaux. Les chercheurs du public tout comme les chercheurs industriels français sont ici dépendants des avancées dans les nanotools et doivent donc éviter les possibles obstacles posés par la mise au point ou la disponibilité de ces nanotools. Cette lacune apparente de la politique S&T nano expose la France, comme dans le cas de la biotech, à une dépendance vis-à-vis de ses fournisseurs. La vitalité de la filière nano repose donc sur la qualité de la production de nanotools novateurs et sur la qualité des liens que les acteurs entretiennent avec leurs fournisseurs soit deux dimensions à considérer pour une politique globale des filières nano en France.

Un raisonnement au niveau de la spécialisation des clusters suppose implicitement l'effet bénéfique de la telle spécialisation pour créer des effets dynamiques locaux. Les débats sont ici compliqués entre les tenants des externalités marshalliennes reposant sur la spécialisation et ceux tenant des externalités jacobsiennes (Jacobs, 1969) dans lesquelles la variété au sein du cluster est le principal moteur de la croissance. Transposé au niveau scientifique et technologique cela signifie que les politiques de spécialisation jadis prônées seraient inadaptées et que la création de clusters multitechnologiques est une politique S&T alternative crédible (Voir Rallet et Torre, 2007). Le discours français ainsi que les actions de politique S&T en faveur des nanos intègre déjà cette dimension : Ceci d'une manière implicite dans le refus habituel de la France de mettre l'accent sur un seul cluster et sur une seule spécialité, la politique française préserve finalement, de manière volontaire ou involontaire, la diversité. Les synergies avancées nanobio-nanoélectronique à Grenoble (Nano2life) mais aussi à Lille (IRI) montrent peut-être une prise de conscience des limites de la nanoelectronique française tout en évoquant un pari jacobsin osé de la France en matière de nano puisque les industries de biopharma sont ailleurs. L'Ile-de-France offre un recouvrement nanoélectronique-nanobio intéressant. Cependant la variété au sein des clusters semble plus subie que gérée stratégiquement. Ainsi, c'est seulement à Toulouse que la stratégie jacobsinienne est clairement revendiquée avec son triangle BioInfoNano plus orienté vers le médical (avec le Canceropôle). Ce type de stratégie propose des opportunités ou la recherche d'opportunités nouvelles intéressantes que l'absence d'utilisateurs au niveau local obère selon nous. Cette stratégie de variété ou de non-spécialisation est peut-être intelligente. Elle peut aussi avoir du sens pour des clusters dont la spécialisation est risquée : lorsque la politique de spécialisation locale repose sur des entreprises industrielles aux performances économiques incertaines.

Ce débat non résolu sur la politique de (non) spécialisation en nano ne nous empêche cependant pas d'énoncer des recommandations de politiques S&T en nano pour la France. Celles-ci sont au cœur de notre conclusion.

Page blanche

CONCLUSION

Une politique scientifique et technologique pertinente ne peut être menée sans des informations et analyses de qualité. La mise à disposition récente de bases de données sur les publications ou inventions offre l'opportunité d'avancées décisives. Ce rapport participe à cet effort en proposant des méthodes génériques de recueil et d'analyse des sciences et technologies. Seules la nanoscience et la nanotechnologie ont été traitées. Les résultats montrent la variété des clusters nano français en termes de taille, de spécialisation, d'industrialisation, d'intégration science-industrie, de réseaux collaboratifs, de proximité des partenaires. Même si l'analyse de cette variété reste pour beaucoup à mener, les typologies dressées dans ce rapport permettent d'ores et déjà de pointer certaines difficultés du système nano français et de prodiguer quelques recommandations. Celles-ci peuvent se résumer autour de trois dimensions stratégiques de la politique S&T nano : la spécialisation, la valorisation, la mise en réseau.

Sur les orientations technologiques de la nano française, deux points saillants :

- Réviser l'orientation vers la nanoélectronique au profit des nanomatériaux, d'une nano pharma-biotech-médical ou des nano-instruments dans lesquels la France a des avantages comparatifs.
- Gérer la variété technologique au lieu de la subir : la préserver uniquement quand elle recouvre un intérêt stratégique clair, basculer sinon dans une spécialisation intelligente.

Sur les liens science-industrie, nous pouvons formuler sept recommandations :

- Abandonner des politiques scientifiques nano sans ancrage industriel clair.
- Favoriser en premier lieu les acteurs ou filières industrielles dont les performances économiques sont déjà bonnes et stables ou anticipées comme telles.
- Ne pas faire reposer la politique de valorisation des connaissances nano sur la seule création locale de start-up.
- Favoriser certaines multinationales étrangères : lorsque celles-ci sont à même de diffuser des connaissances aux autres entreprises nationales et/ou lorsqu'elles valorisent leurs connaissances localement (production, services).
- Redéfinir la politique nano en prenant en compte les fournisseurs de la nano (instruments) ainsi que les utilisateurs des connaissances nouvelles en nanotechnologie (industrie du luxe par exemple).
- EPIC et EPST doivent créer (et/ou réallouer) et cibler des postes de chercheurs en prenant en compte de manière fine la valorisation des connaissances nano produites et non pas seulement la dynamique scientifique.

Sur la politique de réseaux, six conseils se dégagent :

- Laisser les acteurs constituer leurs réseaux sans prétendre leur imposer ce qui est bon pour eux. Les scientifiques et les entreprises ont des visions certainement bien plus pertinentes de leurs réseaux que les décideurs publics ou les experts interrogés qui ne peuvent plus prétendre disposer des mesures adaptées à tous les cas.
- Fournir de l'information de manière systématique et décentralisée aux acteurs afin de les aider à mieux connaître et mieux gérer les réseaux auxquels ils appartiennent : la représentation géographique des acteurs nano (auteurs, déposants, inventeurs), des acteurs scientifiquement et technologiquement qui leurs sont proches, de leurs liens (copublications, conventions, codépôts) et du contenu scientifique et technologique (abstract par exemple) est aujourd'hui une possibilité encore peu mise en œuvre par les personnes responsables des politiques publiques ou les sociétés de services d'information que ce soit au niveau national qu'europpéen.
- Donner aux acteurs français les moyens de se constituer des réseaux nationaux et mondiaux, mais aussi de les entretenir. Par exemple les moyens d'organiser, mais aussi de participer à des colloques internationaux de niveau mondial pour les chercheurs, mais aussi tout simplement mieux former les chercheurs à la communication en anglais.
- Abandonner les structures et les approches régionales peu pertinentes pour la gouvernance des réseaux nano français (de recherche, d'innovation et de transfert de technologie) et structurer la politique autour des différents besoins identifiés formulés par les acteurs nano.
- Au sein de l'espace européen, renforcer le couple franco-allemand sur les nanotechnologies par une meilleure coordination des recherches publiques et une intégration accrue avec les industriels des deux pays.
- Intégrer systématiquement les acteurs nano des pays asiatiques dans les stratégies de mise en réseau aussi bien au niveau de la nanoscience que de la nanotechnologie.

Ces recommandations reposent en grande partie sur une méthode en 7 étapes détaillées au sein de l'Annexe A.2.. Elles peuvent être fragilisées par certaines difficultés rencontrées. Par exemple, le nombre restreint de brevets nano limite l'analyse des petits clusters en termes de spécialisation ou de réseaux. De même, les multi appartenances académiques des chercheurs ou les multi localisations industrielles des déposants fragilisent la qualité de la localisation faite des auteurs ou inventeurs. Ou bien encore la difficile connaissance des structures des groupes industriels aussi bien au niveau national qu'international limite notre capacité à qualifier de manière précise la nature des réseaux nano identifiés.

Ces difficultés méthodologiques ainsi qu'une certaine frustration face aux portraits incomplets, parfois impressionnistes, faits du champ nano ne doivent pas nous détourner de données et d'outils dont la disponibilité ou l'utilisation sont finalement récentes. Ce rapport doit donc être

considéré comme une base d'analyse qu'il convient de certifier, affiner et compléter. Nous identifions deux extensions possibles à notre rapport : la première vise à créer des points de comparaison, la seconde cherche à approfondir ses résultats.

Sur le premier aspect, nous suggérons deux extensions possibles :

- Recommencer l'analyse faite pour d'autres pays en choisissant d'analyser les pays leaders de la nano mais aussi ceux avec lesquels des liens sont d'ores et déjà noués par la France. Les extensions vers, l'Allemagne, les États-Unis, la Suisse nous semblent prioritaires.
- Étendre l'analyse à d'autres champs tels que les TIC, la biotech ou les instruments. Toutefois, l'orientation high-tech est ici facultative. L'analyse concerne toutefois autant des secteurs ou technologies traditionnels au sein desquels se déroulent souvent d'importantes mutations technologiques.

Sur l'approfondissement de l'analyse, sept aspects sont, selon nous, à approfondir :

- Explorer les différents types d'externalités au sein des clusters en commençant par celles jacobsiennes proposés à Toulouse.
- Descendre au niveau des clusters et des organismes publics et entreprises présentes pour expliciter les pratiques en termes de publications et de dépôts.
- Expliciter le rôle des aides publiques de mise en réseau (DG recherche, EUREKA, FRT) dans les copublications, les codépôts et leur pérennité.
- Expliciter l'existence, l'importance et le rôle des liens intragroupes dans les réseaux nano et leur rôle dans la dynamique des clusters.
- Passer à une analyse qualitative des réseaux nano français pour savoir quels sont ceux de niveau mondial.
- Expliciter le rôle et la localisation des utilisateurs des nanotech.
- Analyser plus précisément la « dépendance au sentier » des différents clusters : quels sont les facteurs, les événements qui déterminent telle ou telle trajectoire d'un cluster ; quels sont ceux qui entraînent une configuration sous-optimale ; quelles sont les solutions pour sortir de ce cas de figure.

BIBLIOGRAPHIE

- Agrawal, A. and Cockburn, I. (2003), The anchor tenant hypothesis: exploring the role of large, local, R&D-intensive firms in regional innovation systems, *International Journal of Industrial Organization*, Elsevier, vol. 21(9), pages 1227-1253, November.
- Avanel, E., et al. (2007). Diversification and hybridization in firm knowledge bases in nanotechnologies. *Research Policy*, 36: 864–870
- Bassecoulard, E., A. Lelu and M. Zitt (2007). Mapping nanosciences by citation flows: A preliminary analysis. *Scientometrics*, 70(3): 859–880
- Bonaccorsi, A. and Thoma, G. (2007). Institutional complementarity and inventive performance in nano science and technology. *Research Policy*, 36(6): 813-831
- Bozeman, B., Laredo, P., and Mangematin, V. (2007), Understanding the emergence and deployment of “nano” S&T, *Research Policy*, Elsevier, vol. 36(6), pages 807-812, July.
- Braun, T., A. Schubert and S. Zsindely (1997). Nanoscience and nanotechnology on the balance. *Scientometrics*, 38(2): 321-325
- Braun, T., et al. (2007). Gatekeeper index versus impact factor of science journals. *Scientometrics*, 71(3):541–543
- Braun, T., et al. (2007). Gatekeeping patterns in nano-titled journals. *Scientometrics*, 70(3):651–667
- Bresnahan, T. (2003), Mechanisms of information technology’s contribution to economic growth, mimeo, Stanford University.
- Cohen, W.M., and Levinthal, D.A. (1989), Innovation and Learning: The Two Faces of R & D. *The Economic Journal* 99, no. 397September: 569-596.
- Darby, M.R. and L.G. Zucker (2003). *Grilichesian Breakthroughs: Inventions of Methods of Inventing and Firm Entry in Nanotechnology*. NBER Working Paper Series, Working Paper No. 9825. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Dess, H.M. (2006), Database Reviews and Reports: Scopus. *Issues in Science and Technology Librarianship* Winter 2006.
- EUROPEAN COMMISSION (2005), Some Figures about Nanotechnology R&D in Europe and Beyond, European Commission, Research DG.
- Falagas, M., Pitsouni, E., Malietzis, G., and Pappas, G., (2008), Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. *FASEB J.* 22, no. 2 February 1: 338-342.
- Fecht, H.-J., Ilgner, J., Köhler, T., Mietke, S., Werner, M., 2003. Nanotechnology Market and Company Report – Finding Hidden Pearls, WMtech Center of Excellence Micro and Nanomaterials, Ulm.
- Fingerman, S. (2006), Web of Science and Scopus: Current Features and Capabilities, *Issues in Science and Technology Librarianship*, Electronic Resources Reviews, Fall. <http://www.istl.org/06-fall/electronic2.html>.
- Foray, D., (2007), Creative Destruction, *Public Service Review*, Issue n°1.
- Glanzel, W., et al. (2003). *Nanotechnology: Analysis of an Emerging Domain of Scientific and Technological Endeavour*. Steunpunt O&O Statistieken, Report. Leuven: K.U. Leuven.

- Guan, J. and N. Ma (2007). China's emerging presence in nanoscience and nanotechnology: A comparative bibliometric study of several nanoscience 'giants'. *Research Policy* 36: 880–886
- Heinze, T. (2004). Nanoscience and Nanotechnology in Europe: Analysis of Publications and Patent Applications including Comparisons with the United States. *Nanotechnology Law & Business*, 1(4): 1-19.
- Heinze, T. (2007), Creativity Capabilities and the Promotion of Highly Innovative Research in Europe and the United States, Final Report CREA project, <http://www.crea.server.de/finalreport/>.
- Heinze, T. and G. Bauer (2007). Characterizing creative scientists in nano-S&T: Productivity, multidisciplinary, and network brokerage in a longitudinal perspective. *Scientometrics*, 70(3): 811–830
- Huang, C., Notten, A., and Rasters, N. (2008), Nanotechnology Publications and Patents: A Review of Social Science Studies and Search Strategies, MERIT working paper series, #2008-058.
- Huang, Z., Chen, H., Chen, Z.K., and Roco, M.C. (2004), International nanotechnology development in 2003: Country, institution, and technology field analysis based on USPTO patent database. *Journal of Nanoparticle Research*, 6: 325–354
- Huang, Z., Chen, H., Yip, A., Ng, G., Chen, Z., and Roco, M., (2003), Longitudinal patent analysis for nanoscale science and engineering: Country, institution and technology field. *Journal of Nanoparticle Research*, 5: 333–363
- Hullmann, A. (2006a). *The economic development of nanotechnology – An indicators based analysis*. European Commission, DG Research, Unit “Nano S&T - Convergent Science and Technologies”. Staff Working Paper.
- Hullmann, A. (2006b). Who is winning the global nanorace. *Nature Nanotechnology*, 1: 81-83.
- Hullmann, A., (2007), Measuring and assessing the development of nanotechnology, *Scientometrics*, Volume 70, Number 3, 739–758..
- Hullmann, A., and Meyer, M., (2003), Publications and patents in nanotechnology An overview of previous studies and the state of the art. *Scientometrics*, 58(3):507-527.
- Igami, M. and T. Okazaki (2007), *Capturing Nanotechnology's Current State of Development via Analysis of Patents*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers, 2007/4, Paris: OECD Publishing.
- Islam, N. and K. Miyazaki, (2008), Nanotechnology innovation system: Understanding hidden dynamics of nanoscience fusion trajectories, *Technological Forecasting and Social Change*.
- Jacobs, J. 1969, *The Economies of Cities*, Random House, New York (1969).
- Kostoff, R.N., Murday, J.S., Lau, C.G.Y., and Tolles, W.M. (2006a). The seminal literature of nanotechnology research. *Journal of Nanoparticle Research*, 8: 193-213.
- Kostoff, R.N., R.G. Koytcheff, and C.G.Y. Lau (2007a). Global nanotechnology research literature overview. *Technological Forecasting & Social Change*, 74:1733–1747.
- Kostoff, R.N., R.G. Koytcheff, and C.G.Y. Lau (2007b). Global nanotechnology research metrics. *Scientometrics*, 70(3): 565-601.
- Kostoff, R.N., Stump, J.A., Johnson, D., Murday, J.S., Lau, C.G.Y., and Tolles, W.M., (2006b), The structure and infrastructure of the global nanotechnology literature. *Journal of Nanoparticle Research*, 8: 301–321.
- Kuusi, O. and M. Meyer (2007). Anticipating technological breakthroughs: Using bibliographic coupling to explore the nanotubes paradigm. *Scientometrics*, 70(3):759–777
- Larédo, P., Delemarle, A. , Kahane, B. and Villard, L. (2009), Emergence des nanotechnologies : vers un

nouveau “modèle industriel”, in Leresche J.P., Larédo P. Weber K. (eds), "Internationaliser la recherche et l'enseignement supérieur. France, Suisse et Union européenne dans une perspective comparée", PPUR, mars.

Larsen, K. (2008). Knowledge network hubs and measures of research impact, science structure, and publication output in nanostructured solar cell research. *Scientometrics*, Volume 74, Number 1.

Leydesdorff, L. (2008), The delineation of nanoscience and nanotechnology in terms of journals and patents: a most recent update. *Scientometrics* 76(1), 159-167.

Leydesdorff, L. and P. Zhou (2007). Nanotechnology as a field of science: Its delineation in terms of journals and patents. *Scientometrics*, 70(3): 693–713

Lhuillery, S., Raffo, J. and Carpentier, C. (2006), Investigating data sources for Biotech firms identification, OECD Workshop on Biotechnology Outputs and Impacts, December 11th, Paris.

Lin, M.-W. and J. Zhang (2007). Language trends in nanoscience and technology: The case of Chinese-language publications. *Scientometrics*, 70(3): 555–564.

Lucios-Arias, D. and L. Leydesdorff (2007) Knowledge emergence in scientific communication: From “fullerenes” to “nanotubes”. *Scientometrics*, 70(3): 603– 632

Maraut, S., H. Dernis, C. Webb, V. Spiezia, and D. Guellec. 2008. The OECD REGPAT Database. STI WORKING PAPER, no. 2008/2.

Marinova, D. and M. McAleer (2003). Nanotechnology strength indicators: international rankings based on US patents. *Nanotechnology* 14: R1–R7

Meyer, M. (2001a). Patent citation analysis in a novel field of technology: An exploration of nanoscience and nano-technology. *Scientometrics*, 51(1): 163- 183.

Meyer, M. (2001b). *Science & Technology Indicators Trapped in the Triple Helix?: The Case of Patent Citations in a Novel Field of Technology*. SISTER Working Paper 2001.7. Stockholm: Swedish Institute for Studies in Education and Research

Meyer, M. (2006a). Are patenting scientists the better scholars?: An exploratory comparison of inventor-authors with their non-inventing peers in nanoscience and technology. *Research Policy*, 35(10): 1646-1662.

Meyer, M. (2007), What do we know about innovation in nanotechnology? Some propositions about an emerging field between hype and path-dependency, *Scientometrics*, 70 (3) 779-810

Meyer, M., et al. (2001). *Mapping Excellence in Nanotechnologies Preparatory Study*. Report for the Directorate-General Research. Luxembourg: European Commission. Available at ec.europa.eu/research/era/pdf/nanoexpertgroupreport.pdf, last accessed on April 29, 2008.

Noyons, E, Buter, R, van Raan, A, Schmooch, U, Heinze, T, Hinze, S and Rangnow, R (2003), “Mapping Excellence in Science and technology across Europe nanoscience and nanotechnology.” Final Report to the European Commission.

OECD (2002), Frascati Manual, OECD Publishing, Paris.

OECD (2007), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2007*.

OECD (2009), Biotech scoreboard, STI, OECD.

Palmberg, C. (2008), The transfer and commercialisation of nanotechnology: a comparative analysis of university and company researchers, *The Journal of Technology Transfer*, Springer, vol. 33(6), pages 631-652.

Palmberg, C. and Nikulainen, T. (2006), “Nanotechnology and industrial renewal in Finland. A synthesis

of key findings.” ETLA, Finland.

Porter, A., Youtie, J., Shapira, P. and Schoeneck, J., (2008), Refining search terms for nanotechnology. *Journal of Nanoparticle Research*, 10(5):715-728.

Pouris, A. (2007) Nanoscale research in South Africa: A mapping exercise based on scientometrics. *Scientometrics*, 70(3): 541–553

Powell W.W., Douglas R. White, Kenneth W. Koput, Jason Owen-Smith, 2005. Network Dynamics and Field Evolution: The Growth of Inter-organizational Collaboration in the Life Sciences. (pdf, movie) *American Journal of Sociology* 110(4):1132-1205.

Raffo, J., and S. Lhuillery, (2009), How to play the “Names Game”: Patent retrieval comparing different heuristics. *Research Policy*, December, forthcoming.

Rallet A., Torre A. ed., 2007. *Quelles proximités pour innover ?* L’Harmattan.

Scheu, M. Veeffkind, V. Verbandt, Y. Molina, E. Galan, R. Absalom, A. and Forster, W., (2006), “Mapping nanotechnology patents: The EPO approach.”, *World Patent Information*, 28(3): 204-211.

Schummer, J. (2004). Multidisciplinarity, interdisciplinarity, and patterns of research collaboration in nanoscience and nanotechnology. *Scientometrics*, 59(3): 425-465

Schummer, J. (2007). The global institutionalization of nanotechnology research: A bibliometric approach to the assessment of science policy. *Scientometrics*, 70(3): 669-692

Stephan, P., Black, G., and Chang, T., (2007), The small size of the small scale market: The early-stage labor market for highly skilled nanotechnology workers, *Research policy* 36, 887-892.

Zitt, M. and E. Bassecoulard (2006) Delineating complex scientific fields by an hybrid lexical-citation method: An application to nanosciences. *Information Processing and Management*, 42: 1513–1531

Zucker, L.G. and M.R. Darby (2005) Socio-Economic Impact of Nanoscale Science: Initial Results and Nanobank. NBER Working Paper Series, Working Paper No. 11181. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Zucker, L.G., Darby, M.R., Furner, J., Liu, R.C., and Mac, H. (2007). Minerva unbound: Knowledge stocks, knowledge flows and new knowledge production. *Research Policy*, 36: 850–863

Zucker, L.G., M.R. Darby and M. Brewer (1998). Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises. *American Economic Review*, 88: 290–306.

ANNEXES METHODOLOGIQUES

A1 La base Telelab

La base Telelab était une base Minitel gérée par le service statistique du ministère de la recherche (avant son départ pour la DEP) recensant les laboratoires publics français (mais aussi les CHU, les organismes privés sous contrat et les ISBL) à partir de questionnaires annuels. L'identité du laboratoire, son adresse, sa direction ainsi que ses activités scientifiques étaient renseignés jusqu'en 1998 date de l'abandon de la base Telelab.

La base Telelab devrait donc a priori permettre d'identifier les laboratoires faisant de la recherche en nanotechnologie en 1998 en France. Toutefois l'identification de ces laboratoires repose sur l'existence d'une intersection pertinente entre les mots clés proposés alors aux laboratoires et la définition de la nanoscience.

La correspondance ne saurait être automatique puisque les mots clés habituellement utilisés pour définir la nanoscience sont trop précis pour trouver un écho dans ceux proposés par Telelab²³.

Encadré : Les mots clés de Telelab en sciences « dures », pour 1998

Chimie analytique, chimie de coordination, chromatographie, spectrographie, chimie quantique, chimie fine, électrochimie, synthèse chimique, ionisation, oxydation, polymère, chimie minérale, chimie bio inorganique, chimie du solide, chimie des surfaces, métal, macromolécule, chimie organique, chimie bio organique, chimie des substances naturelles, chimie supramoléculaire, chimie des organométalliques, chimie physique, catalyse, chimie théorique, cristallochimie, stéréochimie, cristallographie, cinétique chimique, photochimie, thermochimie, chimie moléculaire, changement de phase, génie chimique, séparation chimique, adhésif, cosmétique, réactivité chimique,

Matériau, structure des matériaux, technologie des matériaux, élaboration des matériaux, assemblage, usinage, physique des surfaces, métallurgie, mécanique des matériaux, fatigue mécanique, tribologie, corrosion, rhéologie, physicochimie des matériaux, électronique des matériaux, magnétique des matériaux, optique des matériaux, alliage, bois, textile et fibres, papier, plasturgie, verre, céramique, composite, matériau réfractaire, matériau amorphe, mise en œuvre des matériaux, électrotechnique, optoélectronique, circuit électronique, composant électronique, électronique de puissance, microélectronique, semi-conducteur, supraconducteur, informatique, algorithmique, génie logiciel, simulation numérique, communication homme machine, intelligence artificielle, traitement de la parole, traitement d'image, reconnaissance de formes, xao, conception assistée CAO, matériel informatique, architecture informatique, architecture parallèle, logique et programmation, système expert, réalité virtuelle, réseau de neurones, informatique théorique, réseau informatique réparti, automatique, robotique, commande numérique, théorie des systèmes d'information, infographie, systèmes temps réel, télécommunications, radiocommunication, télédétection, téléopération, traitement du signal, réseau de télécommunications, radar et sonar, génie électrique, mécanique, vibration, génie mécanique, mécanique des sols, mécanique des roches, aérodynamique, hydraulique, pneumatique, thermique, combustion, génie civil, bâtiment, travaux publics, géotechnique, génie maritime, génie industriel, productique, conditionnement, aéronautique, astronautique, béton, sûreté de fonctionnement, design industriel, innovation, urbanisme, ouvrage d'art, aménagement de l'espace, zone urbaine, zone rurale, habitat, assainissement de l'eau, transport, sécurité des transports, véhicule, propulsion, régulation de trafic, navigation, accident de transport,

Ingénierie nucléaire, sûreté nucléaire, fusion contrôlée, accélérateur de particule, source d'énergie, résonance magnétique nucléaire RMN, spectroscopie, instrumentation, imagerie thermique, énergétique, biomasse, énergie fossile, énergie renouvelable, énergie hydraulique, énergie nucléaire, distribution d'énergie, moteur, stockage de l'énergie, économie d'énergie, cryogénie, génie des procédés, métrologie, équipement optique, capteur, microscopie électronique,

Théorie des graphes, algèbre, arithmétique, analyse mathématique, équations aux dérivées partielles, analyse numérique, équations différentielles, géométrie, topologie, logique booléenne, logique mathématique, logique floue, théorie des nombres, théorie des groupes, combinatoire, théorie des jeux, probabilités, statistiques, physique mathématique, processus stochastique, système à événements discrets, calcul scientifique, théorie de la décision, magnétisme, électromagnétisme, physique théorique, physique quantique, mécanique statistique, mécanique des fluides, électronique,

²³ A noter que le problème sur la nanotech est peut-être ici plus simple pour la biotech puisque le terme même de « biotech » était un mot clé du questionnaire Telelab.

thermodynamique, physique du solide, physique des fluides, physique des milieux ionisés, physique des particules, physique atomique, radioactivité, acoustique, optique, optique non linéaire, optique cohérente, physique des lasers, optique non cohérente, matière condensée, microonde, onde acoustique, physique non linéaire, physique des plasmas, couche mince, matière molle, turbulence, physique moléculaire, physique nucléaire, mécanique fondamentale,

Agriculture, agronomie, zootechnie, sélection en agriculture, alimentation animale, pathologie animale, plante, plante fourragère, céréale, plante tropicale, plante alimentaire, forêt, plante textile, protection culturale, lutte biologique, produit phytosanitaire, bioclimatologie, sciences du sol, agrochimie, engrais, pesticide, arboriculture, viticulture, œnologie, horticulture, biosphère, apiculture, aquaculture, aviculture, pêche, production animale, production végétale, agroalimentaire, valorisation des déchets agricoles, produit viande, produit laitier, boisson, additif alimentaire, arôme, conservation alimentaire, contrôle qualité, diététique, technologie en agroalimentaire, qualité en agroalimentaire, produit alimentaire, botanique, physiologie végétale, phytopathologie, photosynthèse, zoologie, vertébre, biologie humaine, invertébre, microorganisme, rétrovirus, entomologie, embryologie, biologie moléculaire, biologie, biologie cellulaire, histologie, cytologie, génétique, génome, génétique moléculaire, génétique microbienne, cytogénétique, mutagenèse, génétique des populations, microbiologie, bactériologie, mycologie, parasitologie, virologie, taxinomie, biotechnologie, génie biomédical, clonage, biophysique, bioénergétique, biomécanique, biochimie, enzymologie, vitamine, protéine, hormone,

Système cardiovasculaire, système lymphatique, système musculaire, système nerveux, système immunitaire, appareil génital, système respiratoire, organes des sens, développement biologique, vieillissement biologique, rythme biologique, électrophysiologie, psychophysiologie, reproduction en biologie, sexualité, stress, nutrition, métabolisme, pathologie animale, médecine, allergologie, anatomie pathologique, anesthésiologie, technique de diagnostic, médecine préventive, médecine du travail, cancérologie, cardiologie, chirurgie, dermatologie, endocrinologie, épidémiologie, gastroentérologie, néphrologie, gériatrie, gynécologie, hématologie, hépatologie, immunologie, neurologie, neurosciences, ophtalmologie, orthopédie, ORL, pédiatrie, pneumologie, psychiatrie, radiologie, rhumatologie, sérologie, stomatologie, urologie, traumatologie, chimiothérapie, immunothérapie, motricité corporelle, greffe d'organe, pathologie, maladie infectieuse, squelette, odontologie, maladie sexuellement transmissible, sida, handicap, toxicomanie, thérapie génique, imagerie médicale, biomathématiques, biodiversité, biomatériaux, biologie structurale, physiologie humaine, physiologie animale, éthologie, recherche clinique, médicament, vaccin, technologie pharmaceutique, pharmacologie, pharmacocinétique, pharmacovigilance, posologie, toxicologie, hygiène, galénique, activités sportives (sports),

Astronomie, astrophysique, système solaire, cosmologie, planétologie, géosciences, géologie, géologie structurale, géomorphologie, géochimie, géophysique, pétrologie, paléontologie, sédimentologie, tectonique, volcanologie, sismologie, métallogénie, géochronologie, paléoenvironnement, paléogéographie, glaciologie, météorologie, risques naturels, atmosphère terrestre, climatologie, hydrosphère, hydrologie, interaction atmosphère océan, océanographie, milieu marin, littoral, environnement, pollution, dépollution, pollution atmosphérique, effet de serre, pollution de l'eau, pollution du sol, déchet, bruit, écologie, écosystème,

Outre cette difficulté de circonscription fine de disciplines transversales, le problème majeur de Telelab est aussi son arrêt en 1998.

A2 Une méthode reproductible

L'analyse des nano nous a permis de proposer une méthode d'analyse qui peut s'appliquer à différents champs scientifiques et technologiques. Nous proposons au sein de cette annexe de détailler les 7 étapes que devront suivre ces études pour éviter les écueils que nous avons essuyés au cours de nos recherches.

Les étapes à suivre

ETAPE 1 : LE CHOIX DES DONNÉES

Production scientifique : Articles scientifiques

L'analyse des données de production scientifique repose sur la compilation manuelle des références d'articles scientifiques. Dans une démarche systématique, le choix est restreint ici au couple WOS et SCOPUS (www.scopus.com). L'avantage d'utiliser cette dernière source au détriment de la première, notamment ISI Web of Science, vient de leur meilleure couverture en termes des journaux et disciplines scientifiques (Falagas et al, 2008). Cette meilleure couverture des journaux scientifiques n'est pas simplement due à une plus large couverture (50% plus des titres qu'ISI WoS), mais aussi à une meilleure couverture des journaux européens. Tous ces aspects sont cruciaux pour l'analyse d'un pays européen d'une nouvelle discipline (comme la nanotechnologie qui est transversale scientifiquement). Dans certains domaines, des sources alternatives peuvent être envisagées : en santé, MEDLINE est une source réputée et facilement accessible. Enfin selon les pays, ces données peuvent être complétées par le fichier national des thèses.

Production technologique : les données brevets

La principale source de données complète, fiable et disponible à moindre coût est la base de données *EPO Worldwide Patent Statistical Database* (aussi connue comme EPO PATSTAT). Cette source est nourrie par l'information disponible sur la base des données EPO master documentation database (DOCDB). Elle a une couverture mondiale (en incluant les données de l'USPTO, l'EPO et JPO) et contient des données bibliographiques, citations et familles des brevets. Certains pays ne peuvent être cependant étudiés ici (par exemple Argentine) car leurs données sont toujours manquantes ou sont toujours très partielles dans une base qui s'améliore toutefois continuellement

ETAPE 2 : LA CIRCONSCRIPTION DU CHAMP D'ANALYSE

Le principal obstacle à l'analyse est la délimitation du domaine du champ scientifique et technologique désiré.

Il existe une grande diversité des stratégies dans la littérature. La plupart de ces stratégies sont utilisées autant pour la récupération d'articles scientifiques que de brevets. Certaines stratégies

autour de la sélection des journaux scientifiques pertinents ou la sélection des classes technologiques IPC adéquates concernant toutefois respectivement à la seule bibliométrie ou la seule analyse des brevets.

Les stratégies peuvent se regrouper dans trois classes :

- a. les requêtes lexicales des termes liés au champ retenu. Dans le cas de la nanotechnologie, on trouve par exemple de nombreux articles (Braun et al, 1997 ; Meyer et al, 2001 ; Glanzel et al, 2003 ; Noyons et al, 2003 ; Huang et al, 2003 ; Zitt and Bassecouard, 2006 ; Kostoff et al, 1997, 2005 ; Mougotov and Kahane, 2007 ; Porter et al, 2008 ; Islam and Miyaki, 2008 ; Zucker and Darby, 2005 ; Zucker et al, 2008) qui sont plus rares en biotech par exemple.
- b. l'identification des institutions liées à ce domaine (Schummer, 2007 ; Nikulainen, 2007)
- c. l'identification par des experts (Voir Scheu et al, 2006 ; USPTO 977 class).
- d. Les nano-journaux.

Étant donné les comparaisons existantes dans la littérature (Bozeman et al, 2007 ; Huang et al, 2008), nous avons opté pour une consolidation des toutes les requêtes disponibles (Voir Section 0, page 157). Pour d'autres champs, cette étape de consolidation restera peut-être facultative.

ETAPE 3 : RÉCUPÉRATIONS DES DONNÉES

Articles scientifiques

Une fois la requête est définie, les références bibliographiques concernant les articles scientifiques avec au moins un auteur avec affiliation française sur la période désirée sont récupérées. Ces données dans un format texte sont ensuite à transformer en une base des données relationnelle. Une limite de cette stratégie (et de la source des données) est la difficulté de refaire le même exercice à une grande échelle, notamment à l'international pour laquelle des connaissances tacites sont utiles.

Brevets

Avec le même type ou un type différent de requête, on identifie l'information sur les familles de brevets dont au moins un auteur a une affiliation française sur la période désirée en prenant garde au possible décalage introduit par la disponibilité des données brevet par rapport aux articles académiques. Cette source des données comporte plusieurs avantages par rapport à celle des articles scientifiques. Premièrement, les données sont déjà dans un format de bases de données ce qui simplifié beaucoup les tâches d'utilisation, de combinaison et d'extractions de données et indicateurs. Deuxièmement, la base est plus riche en données complémentaires, comme les citations ou l'attribution technologique. Troisièmement, il n'y a pas des limites pour l'analyse internationale (sauf le temps de calcul). En revanche, des désavantages par rapport aux articles scientifiques existent. Premièrement, les familles de brevets sont moins fréquemment utilisées que les articles scientifiques. Dans le cas de la nano, il existe un rapport de un à dix entre le nombre de famille de brevets et le nombre d'articles scientifiques pour la France. Ne pas corriger par les familles impliquerait un biais. Deuxièmement, les données de brevets – notamment les champs liés au nom des inventeurs et leurs adresses – sont moins bien renseignées avec notamment de nombreux champs manquants. L'analyse des familles permet ici d'améliorer cet aspect en recoupant les informations entre les différents dépôts faits pour une même invention.

ETAPE 4 : LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DES ACTEURS

Avec l'information disponible dans les articles scientifiques et brevets récupérés, il est possible d'attribuer (au moins) une localisation géographique à chaque article ou brevet. On va notamment faire attention aux institutions d'affiliation des auteurs et leur adresse postale et l'adresse des inventeurs, laquelle est dans une grande partie des cas, personnelle. Il faut tenir en compte que la localisation des articles ou brevets n'est pas forcément unique étant donné qu'un article/brevet peut avoir plusieurs auteurs/inventeurs et qu'un auteur/inventeur peut avoir plusieurs affiliations/adresses. Cette multiplicité de localisations rend la tâche extrêmement laborieuse lorsqu'elle est faite manuellement. Les adresses ne sont pas standardisées, ce faisant, on peut trouver la même institution référencée de façons (et dans des langues) très différentes, les précisions entre départements, unités ou laboratoires ne faisant parfois qu'aggraver le problème. La situation est similaire pour les adresses personnelles des inventeurs. Pour tous ces motifs, nous avons suivi une approche en deux étapes qui mélange attributions automatiques et vérification manuelle. Notre approche automatique a été inspirée par la procédure de la base REGPAT de l'OCDE (voir Maraut et al, 2008) et a utilisé comme source des données des villes, code postal et coordonnées géographiques pour la France la base des données géographiques Geonames (Geonames.org) qui contient 39'073 villes et code postaux différents. Les affiliations concernant les autres pays ont été gardées au niveau du pays seulement. Les résultats de l'appariement automatique, comme le reliquat non apparié, ont été vérifiés manuellement.

Deux limites importantes face à une telle attribution géographique. L'une est liée aux adresses incomplètes (ou même manquantes) et l'autre est liée aux institutions avec une présence régionale, mais avec une adresse principale centralisée. Le premier cas est, en général, un problème plus ou moins difficile à résoudre pour les articles comme pour les brevets. Dans le cas des articles, très fréquemment, les adresses incomplètes ou manquantes correspondent à des auteurs avec la même affiliation (au moins partiellement) que l'auteur précédent. Ce qui implique que l'article a été (très probablement) déjà géographiquement localisé. Le cas échéant, la vérification manuelle peut facilement identifier les institutions sans adresses soit par des informations externes, soit par l'information fournie par des autres auteurs avec la même affiliation. On limite ainsi fortement le nombre d'affiliations sans attribution géographiquement. Dans le cas des brevets, l'information est très souvent présente dans un autre brevet de la même famille. Ce qui permet d'assurer la bonne attribution pour l'ensemble de la famille. Pour effectuer cette correction, nous avons suivi les étapes de consolidation des inventeurs selon la méthode décrite par Raffo et Lhuillery (2009) qui comporte : (a) le nettoyage des champs de noms (Parsing) ; (b) l'application des algorithmes d'appariement (Matching) ; et (c) le filtrage par l'information des familles des brevets, cocitations, etc. (Filtering).

Le deuxième cas est plus problématique, surtout pour les articles scientifiques. Pour ceux-ci, les institutions qui ont une présence assez répandue dans le territoire français – par exemple le CNRS, le CEA, l'INRA, l'INSERM, etc. – peuvent avoir de consignes ou pratiques institutionnelles qui font qu'une adresse centralisée est préférée à l'adresse réelle de l'auteur. Cette source de biais, malheureusement, ne peut pas être corrigée sans une connaissance détaillée du personnel de chaque institution, les adresses professionnelles réelles des chercheurs ou bien la

connaissance de leur adresse privée. Dans le cas des brevets, il suffit de considérer les adresses des inventeurs au détriment des adresses des déposants. Ceci est une distinction importante, car considérer les adresses des déposants peut s'avérer extrêmement biaisé, car les grandes firmes – spécialement les multinationales – ont une tendance à informer l'adresse du siège et non celle de l'unité de R&D qui est derrière le développement de la technologie en question. L'omission des adresses des déposants corrige ce type de biais, avec la seule conséquence d'un déplacement des localisations dans les quartiers ou centres urbains industriels vers des quartiers ou centres urbains plus résidentiels. Ce dernier biais est a priori corrigé avec le processus d'agglomération mentionnée ci-dessous.

ETAPE 5 : AGGLOMÉRATION DES ACTEURS

Pour enrichir l'analyse géographique des acteurs scientifiques et technologiques (et leurs liens), une dimension est ajoutée qui agglomère les villes autour des principaux centres scientifiques et technologiques. Cette dimension permet une autre vision de la répartition géographique, où la dispersion et le double comptage sont corrigés. L'approche suivie est inspirée par la définition de cluster utilisée par Laredo *et al.* (2009), laquelle définit un cluster comme l'ensemble des acteurs se trouvant à moins de 50 kilomètres d'une ville qui dépasse un certain seuil.

Dans notre exemple de la nano-science, le seuil choisi pour les clusters de la « nano » science est de 300 articles scientifiques dans la période 1996-2008. Cette définition nous a permis de délimiter 22 clusters géographiques de la « nano » science française. Le seuil choisi pour les clusters de la « nano » technologie a été de 12 familles des brevets dans la période 1991-2004. Cette définition nous permet de délimiter 29 clusters géographiques de la « nano » technologie française. La mise en œuvre de cette définition applique une vision centre périphérie : un cluster ne sera pris en compte que si l'une des villes de ce cluster dépasse le seuil fixé. Ainsi, une grande dispersion entre sites peut de temps en temps faire disparaître des sites de production de connaissance alors que ceux-ci, une fois agrégée, représentent des contributions significatives à la « nano » science ou technologie. Nous avons conservé cette définition pratique dans la mesure où seulement quelques endroits ont été négligés. Par exemple, les zones de Tours ou de Limoges ne sont pas considérées comme des clusters scientifiques dans notre analyse, même si la somme des villes à son tour dépasse le seuil.

Un autre facteur à prendre en compte dans cette méthodologie est la rigidité de l'extension maximale des clusters (équivalent à un cercle de 100 km de diamètre). Une autre approche est d'agglomérer graduellement les villes autour de centres urbains au-dessus d'un seuil et élargir la surface de recherche à chaque nouvelle incorporation. Cette méthode a été appliquée pour l'analyse des nano en France. La seule différence avec cette méthode dans le rapport concerne le cluster parisien qui contient des centres périphériques supplémentaires. Étant donné la distance considérable entre ces centres urbains et la capitale française, nous avons décidé de garder la méthode de la surface maximale fixe. Une difficulté est alors le possible recouvrement entre zones définissant les différents clusters retenus, pour les clusters de la nanoscience, il n'y avait aucune superposition entre leurs surfaces, mais cela n'a pas été le cas des clusters de la nanotechnologie. Cette situation de recouvrement potentiel entre le cluster parisien et les clusters générés autour de Compiègne et de Fontainebleau. Avec le rayon de 50km, ces dernières

partagent plusieurs villes productrices de « nano » technologies avec Paris. Dans ces cas les villes en question ont été attribuées selon leur proximité au centre du cluster.

ETAPE 6 : IDENTIFICATION DES TYPES D'ACTEURS

Les acteurs de la nanoscience comme ceux de la nanotechnologie peuvent être d'une nature très différente. Malheureusement, ni les sources des articles scientifiques ni les sources des brevets ne contiennent d'information standardisée à ce propos. Étant donné l'intérêt d'une telle information, des efforts supplémentaires peuvent être consentis pour caractériser certains acteurs. Cependant, il faut reconnaître que l'identification complète des acteurs est ici souvent impossible et que les efforts manuels ont très vite des rendements décroissants. Nous conseillons ici de faire tout d'abord l'effort – essentiellement manuel – de distinguer les acteurs privés des acteurs publics dans les deux sources des données : de distinguer ainsi (1) les articles scientifiques dont au moins un auteur est affilié à une firme française ; et (2) les brevets déposés par des Organismes Publics de Recherche français. Cette démarche manuelle a pour mérite de rester sur des grandeurs acceptables et de nécessiter une connaissance restreinte des raisons sociales des organismes en se focalisant sur les raisons sociales des firmes et des OPR nationales. Il est évident que la tâche devient très délicate pour des pays étrangers pour lesquels les acronymes et autres noms de filiales sont inconnus. La principale limitation de cette approche est cependant liée aux affiliations non déclarées dans les deux sources. Par exemple, un chercheur français, qui fait sa recherche en partie dans un organisme public et en partie dans une firme, va très probablement signer sa production scientifique avec son affiliation académique, sauf si la firme a une politique définie à ce propos. De façon très similaire, des brevets faits par des chercheurs du système public peuvent ne pas être déposés par leur institution académique. De cette façon, une partie importante de la production technologique du secteur académique échappe à nos statistiques. La seule solution à un tel problème serait d'apparier les listes des personnels des organismes publics de recherche avec la liste des inventeurs. De façon équivalente, avoir les listes nominatives des personnels de R&D du secteur privé serait utile, mais semble encore plus difficile.

ETAPE 7 : IDENTIFICATION DES SPÉCIALISATIONS

Étant donnée la largeur disciplinaire du champ d'analyse, il est intéressant pour l'analyse de pouvoir réorganiser l'information afin de lui donner du sens. Les différentes requêtes analysées ci-dessus montrent cependant qu'elles ne sont pas équivalentes au regard de leur capacité à distinguer des sous-champs disciplinaires ou technologiques. Certaines requêtes ont été conçues ex ante pour une telle interprétation. Ces requêtes ne sont pas forcément compatibles avec les autres requêtes. Dès lors, choisir une requête particulière (par exemple pour la nano, celle faite par Mogoutov et Kahane, 2007) implique la réduction de l'ensemble des articles identifiés au sous-ensemble de la requête particulière. L'avantage d'un domaine transversal comme la biotech ou la nanotechnologie est que des classements en sous-domaines spécifiques à la « bio » ou la « nano » sciences ou la « bio » ou « nano » technologie existent un peu partout (rapports de l'OST, le manuel Frascati (OCDE, 2002), l'OMPI, le MERIT, la DG Recherche°). En termes pratiques et après d'avoir tous les classements disponibles pour les deux sources d'information

explorées, nous avons employé la catégorisation de journaux scientifiques fournis par Scopus et la table de passage des codes IPC-Technologie proposée par l'OMPI. Cette solution privilégie la rigueur dans la mesure où elle n'utilise pas de tables de passage du type IPC code – secteur, qui pour être attrayantes, n'en sont pas moins sujettes à caution.

Les limites de la méthode employée

L'analyse menée dans ce rapport comporte de nombreuses limites dues essentiellement aux difficultés méthodologiques rencontrées. Ces limites ont été évoquées au fur et à mesure, mais nous pouvons les rappeler brièvement ici :

- Les indicateurs de spécialisation technologiques sont délicats à utiliser dans la mesure où les requêtes fournissent un nombre restreint de brevets. Ainsi, les profils de spécialisation sont souvent faits sur des ensembles trop petits avec les risques que cela comporte. La fusion avec les articles académiques est une solution qui occulte cependant des rationalités OPR-industries différentes et risque donc de masquer l'hétérogénéité des situations.
- La définition des clusters a été faite de manière grossière en négligeant des possibilités d'agglomération sans partir des principales zones urbaines. La littérature en économie géographique combinée aux connaissances recueillies sur les zones d'emploi devrait permettre de proposer, notamment pour la France, des définitions et des interprétations plus fines des clusters géographiques.
- La troisième difficulté méthodologique est certainement la plus importante dans la mesure où elle repose sur la capacité à localiser les acteurs de la nanoscience et de la nanotech. Les difficultés inhérentes à l'identification précise de la localisation des laboratoires repose sur la présence en France de grands organismes de recherche dont le siège est souvent localisé à Paris, mais aussi de la fréquence des multiples signatures de chercheurs qui appartiennent à des unités mixtes ou bien encore, comme c'est souvent le cas, font leurs recherches au sein d'un laboratoire situé dans un endroit autre que leur organisme de rattachement administratif. Ce flou français sur l'approche bibliométrique existe aussi pour les dépôts de brevets dans lesquels les déposants ou codéposants sont aussi le plus souvent les sièges nationaux ou régionaux des organismes au sein duquel les recherches sont menées avec des variations de politique. Cette difficulté entraîne des biais dans l'importance des acteurs ainsi que dans les liens qu'il existe entre les acteurs. Dans le cas de la nanotech en France, le poids de Paris et les flux de connaissance entre Paris et la province peuvent donc être surestimés.
- Au-delà, demeurent quand même des difficultés d'identification des différents types d'organismes publiant articles et brevets. Des acteurs tels que les associations, par exemple, ne sont pas toutes aussi connues que ARMINES et peuvent être confondues avec des entreprises ou des laboratoires, des filiales d'entreprises dont les noms diffèrent des raisons sociales de leur maison mère. Si des techniques sophistiquées permettent ici de réduire maintes difficultés, il faut garder à l'esprit que des approches précises ne peuvent être faites ici sans recourir à des équipes conséquentes pour mener un travail systématique et continu de vérification. On a donc clairement ici un problème de rentabilité pour les équipes académiques dont les activités commerciales restent par

nature limitées et la sous-traitance délicate. Les efforts menés actuellement par l'EPO, l'OCDE ou la mise en commun des efforts académiques au sein de l'ESF permettent cependant d'entrevoir une future baisse des coûts fixes pour les chercheurs en fiabilisant les informations contenues dans les fichiers brevets. Le problème est décuplé pour les analyses internationales : les données sur les filiales ou les entreprises étrangères peuvent poser des problèmes de disponibilité, de fiabilité et de coût. Par exemple, l'analyse des copublications et codépôts de filiales françaises ou de filiales étrangères à l'étranger peut être envisagée si des données de type Lifi (INSEE), Diane, Amadeus etc. existent pour les pays en question et sont jugées fiables.

Page blanche

A3 Les requêtes utilisées

Les requêtes lexicales ci-dessous déployées sont extraites des articles ou rapports publiés. Certaines peuvent contenir plusieurs termes additionnels qui n'ont été pas déclarés explicitement dans la documentation fourni. Viennent ensuite les listings de journaux retenus sur nanotech pour finir avec la requête globale que nous utilisons finalement dans ce rapport.

Les requêtes lexicales

Braun et al (1997)

nano* not (nanoampere or nanogram or nanoleakage)

Meyer et al (2001)

nano* not (nano s or nano2 or nano3 or nanoarcsecond or nanogram or nanograms or nanoliter or nanoliters or nanomolar or nanomolarlevels or nanomole or nanos or nanosatellite or nanosatellites or nanosatellites or nanosats or nanosec or nanosecond or nano-second or nanoseconds or subnanomolar or subnanosecond)

Huang et al (2003)

nano* not (nanoliter or nanosecond)

Glanzel et al (2003)

nano* not (nano curie or nano gram* or nano secon* or nano2 or nano3 or nano4 or nano5 or nanocurie or nanoflagellate* or nanogeterotroph* or nanogram* or nanokelvin* or nanomeli* or nanomol* or nanophtalm* or nanophyto* or nanoplankton* or nanoproto* or nanos or nanos1 or nanosecon*)

atomic force microscop*

bucky tub*

buckytub*

carbon tub*

carbontub*

chemical force microscop*.

fullerene tub*

mbe

molecular beam epitaxy

quantum dot*

quantum wire*

self assembl* dot*

self assembled monolayer*
single electron*
single molecule*

Noyons et al (2003) - CWTS

nano or nanoa* or nanob* or nanoc* or nanod* or nanoe* or nanof* or nanog* or nanoh* or
nanoi or nanoj* or nanok* or nanol* or nanon* or nanoo* or nanop* or nanoq* or nanor* or
nanot* or nanou* or nanov* or nanow* or nanox* or nanoz*
nanomet* scale* or nano meter length or nanometer length or nanometerscale*
nano* not (nano secon* or nano2 or nano3 or nano4 or nano5 or nanomet* or nanosecon*)
atom* force microscop*
biosensor
coulomb blockade
Drug carriers
Encapsulation AND virus
Immobilized AND (DNA OR template OR primer OR oligonucleotide OR polynucleotide)
modified virus
molecular beacon
molecular motor
molecular templates
Polymer AND (protein OR antibody OR enzyme OR DNA OR RNA OR polynucleotide OR
virus)
positional assembly
quantum dot array
scanning force microscop*
scanning probe microscop*
Self assembling AND (biocompatibility OR bloodcompatibility OR blood compatibility OR
cellseeding OR cell seeding OR cell therapy OR tissue repair OR extracellular matrix OR tissue
engineering OR biosensors OR immunosensor OR biochip OR nano-particles OR cell adhesion)
self-organized growth
semiconductor quantum dot
silicon quantum dot
Single molecule
Site-specific AND (gene therapy OR drug delivery OR gene delivery)
supramolecular chemistry
Surface modification AND (self assembling OR molecular layers OR multilayer OR layer-by-
layer)
tunnel* microscop*
(drug delivery OR drug targeting OR gene therapy OR gene delivery) AND (polymer OR
particles OR encapsulation OR conjugate)
(Patterns OR patterning) AND (organized assemblies OR biocompatibility OR
bloodcompatibility OR blood compatibility OR cellseeding OR cell seeding OR cell therapy OR
tissue repair OR extracellular matrix OR tissue engineering OR biosensors OR immunosensor
OR biochip OR cell adhesion)

Noyons et al (2003) - ISIF

Without IPC codes

nano architect* or nano ceramic or nano cluster? or nano coating? or nano composit?? or nano crystal* or nano device? or nano dimensional or nano disperse? or nano dispersion? or nano drop? or nano droplet or nano electrodes or nano electronic? or nano electrospray or nano engineered or nano engineering or nano fabricated or nano fabrication or nano filler? or nano gel or nano grain* or nano imprint or nano imprinted or nano layer? or nano machine? or nano manipulator? or nano material? or nano mechanical or nano membrane or nano metric* or nano phase? or nano pore? or nano poro* or nano powder? or nano printing or nano rod? or nano scalar or nano size* or nano spher? or nano structure? or nano structuring or nano suspension or nano system? or nano technolog* or nano textur* or nano tips or nano tropes or nano tub* or nano whisk* or nano wire* or nano* micro* or nanoanaly* or nanoarchitecture or nanoarray* or nanobar* or nanobio* or nanobot? or nanocage? or nanocaps* or nanocatal* or nanocavity or nanoceramic or nanochannel* or nanochannel? or nanochemistry or nanochip? or nanocircuitry or nanocluster? or nanocoating? or nanocoll* or nanocompos* or nanocomput* or nanoconduct* or nanocry or nanocrystal* or nanodes or nanodevice? or nanodimensional or nanodispers* or nanodomain? or nanodot or nanodrop* or nanoelectr* or nanoengin* or nanofabric* or nanofeature? or nanogap? or nanogel or nanoglass* or nanograin* or nanogranular or nanogrid* or nanohol* or nanoillumination or nanoimprint* or nanoindentation or nanoinstructions or nanolayer* or nanolitho* or nanomachin* or nanomagnet* or nanomanipulator? or nanomaterial* or nanomechanical or nanomembrane or nanometric* or nanomicro* or nanomotor? or nanopattern or nanopeptid* or nanophase? or nanophoto* or nanophotolithography or nanopillar? or nanopipel* or nanopit? or nanoplotter? or nanopor* or nanopowder? or nanoprinting or nanoprobes or nanoprocess* or nanoprogram* or nanopump? or nanoreact* or nanoregognition or nanoribbons or nanorod? or nanoroape? or nanoscale* or nanoscien* or nanoscop* or nanoscratching or nanosemiconductor? or nanosens* or nanosensor? or nanosequencer or nanosilic* or nanosilver or nanosiz* or nanospher* or nanospreading or nanostats or nanostep* or nanostruct* or nanosubstrate or nanosuspension or nanoswitch* or nanosyst* or nanotechnolog* or nanotextur* or nanotips or nanotopography or nanotribology or nanotropes or nanotub* or nanowhisk* or nanowire* or

nano* and implant*

nanoparticl* or nano?particl* not (absorb* or ink or polish*)

(nanometer? or nanometre? or nm or submicro*) and (chip? or electron* or engineering or diameter or size? or layer? or scale or order or range or dimensional) not (wavelength? or roughness or absorb*)

(pattern* or organized) and (biocompatibility or bloodcompatibility or blood compatability or cell seeding or cellseeding or cell therapy or tissue repair or extracellular matrix or tissue engineering or biosensor? or immunosensor? or biochip or cell adhesion)

atomic force microscop*

atomic layer?

biomolecular templat*

dna cmos

encapsulation * virus

fulleren*

functionally coated surface? and nano*

ion channels
lab * chip
langmuir blodgett
micro* nano*
modified virus
molecul* engineer*
molecul* manufactur*
molecul* self assembl*
molecular beacon
molecular manipulation
molecular motor
molecular templates
molecule channels
near field microscop*
pdms stamp
quantum device?
quantum dot?
quantum wire*
scanning force microscop*
scanning probe microscop*
scanning tunnel* microscop*
single electron* tunneling
soft lithography
supramolecular chemistry
ultraviolet lithography
virus * encapsulation

With IPC codes

a61k009-51
b82b
g01n013-10
g12b021
monolayer and (g03g or h01j)
thiol and h011
(bacteriorhodopsin or biopolymer? or biomolecule?) and (g11? or g02? or g03? or g06?)
(biochip or biosensor) and (a61? or g01n or c12q)
(electron beam writing) and (h011 or h01j)
(nanofilt* or nanofib* or nanofluid*) and (c0?? or a61? or b0??)

Kostoff et al (2006a,b)

nanocluster* or nanocapsule* or nanocomposite* or nanocrystal* or nanodevice* or nanodot* or nanoelectrospray* or nanofabricat* or nanofiber* or nanofibre* or nanoindent* or nanolayer* or nanolithography or nanomaterial* or nanoparticle* or nano-particle* or nanoparticulate* or nanophase or nanopor* or nanopowder* or nanorod* or nanoscale* or nanoscience or nanosize*

or nanosphere* or nanostructure* or nanotechnolog* or nanotub* or nanowire*
coulomb blockade*
molecular wire*
quantum dot*
quantum wire*
(nm or nanometer* or nanometre*) and (surface* or film* or grain* or powder* or silicon or
deposition or layer* or device* or cluster* or crystal* or material* or atomic force microscop* or
transmission electron microscop* or scanning tunneling microscop*)
(self-assembl* or self-organiz*) and (monolayer* or film* or nano* or quantum* or layer* or
multilayer* or array*)

Mogoutov et Kahane (2007)

nano not (nano2 or nano3 or nano4 or nano5 or nanoliter* or nanosecond*)

/clay composite*
al2o3 composite*
amorphous alloy
atomistic simulation
ball milling
beam epitaxy
biosensor
biosensor based
block copolymer
block copolymer*
carbon composite*
carbon electrode
carbon fiber*
carbon film*
carbon tube*
chemical vapor
chemical vapor deposition
chemisorption
clay composite*
co oxidation
coating* deposited
coating* produced
composite coating*
composite powder*
composite* coating*
composite* prepared
crystal morphology
crystal* memory
crystalline diamond
crystalline silicon
delivery system
diamond film*

diamond-like carbon
direct electrochemistry
drug carrier
drug delivery
drug release
dye solar
dye tio2
dye-sensitized solar cell
electrochemical biosensor drug delivery
electrochemical performance
electrode modified
electrospinning
electrostatic force microscopy
emission propert*
enhanced raman
field emission
field emitter*
film* deposit*
finite-difference time-domain method
gel method
gene delivery
glucose biosensor
gold catalyst*
gold electrode
gold particle*
grain growth
graphitic carbon
growth from solutions
heterogeneous catalysis
heterogeneous catalyst*
hydrogen storage material*
immunosensor based
induced deposition
ion implantation
laser ablation
laser deposition
li batter*
lipid particle*
low dimensional system*
magnetic fluid
magnetization reversal
mechanical alloy
mechanical alloying
mechanical resonator*
mesoporous
mesoporous material*

mesoporous silica
metallic carbon
metallic glass
microstructural evolution
microstructure
modified electrode
modified glassy
molecular beam epitaxy
montmorillonite
oligomeric silsesquioxane
organoclay
plasma chemical
plasma sintering
plastic deformation
plga particle*
poly methacrylate
polymer composite*
porous carbon
primordial protein*
quantum dot*
quantum rings
raman scattering
resonance light
self-assembly
semiconducting carbon
semiconducting material*
semiconductor structure*
sensitized solar
sensitized tio2
severe plastic
silicate composite*
single carbon
single-molecule
sintering
situ polymerization
soft magnetic material*
sol* method*
solar cell*
solid lipid
spark plasma
spark plasma sintering
sputtering
supercapacitor
superplasticity
supramolecular chemistry
surface chemistry

surface plasmon
surface plasmons
surface-enhanced Raman
thin film*
tio2 films
tio2 solar
transmission electron microscopy
tribological propert*
tube* modified
vapor deposition
walled carbon
zinc compound*

Porter et al (2008)

nano* not (b*Plankton or or m*Plankton or n*Plankton or nano- or Nano*aryote* or nano2* or nano3* or nanoa- or nanoa_ or nanoa_ or NanoAlga* or Nanobacteri* or Nanofauna* or NanoFlagel* or nanog- or nanog_ or Nano-gram or Nanogram* or Nanoheterotroph* or Nanoliter or Nanoliter* or Nanomeli* or Nano-meter or Nanometer* or Nano-molar or Nanomolar* or Nanophthalm* or Nanophyto* or NanoProtist* or nanor- or nanor_ or nanor_ or nanos_ or Nanosecond or Nanosecond* or p*Plankton or Plankton* or z*Plankton)
bionano*
coulomb blockad*
Coulomb-staircase*
fullerene*
langmuir-blodgett
molecul* devic*
molecul* motor*
molecul* ruler*
molecul* wir*
molecular electronic*
molecular engineering
PDMS stamp*
quantum dot*
quantum well*
quantum wire*
single molecul*
((TEM or STM or EDX or AFM or HRTEM or SEM or EELS) or (atom* force microscop*) or (tunnel* microscop*) or (scanning probe microscop*) or (transmission electron microscop*) or (scanning electron microscop*) or (energy dispersive X-ray) or (X-ray photoelectron*) or (electron energy loss spectroscop*)) AND (monolayer* or mono-layer* or film* or quantum* or multilayer* or multi-layer* or array* or molecul* or polymer* or co-polymer* or copolymer* or mater* or biolog* or supramolecul*)
(biosensor* or (sol gel* or solgel*) or dendrimer* or soft lithograph* or molecular simul* or quantum effect* or molecular sieve* or mesoporous material*) AND (monolayer* or mono-layer* or film* or quantum* or multilayer* or multi-layer* or array*)

(pebbles OR NEMS OR Quasicrystal* OR (quasi-crystal*)) AND (monolayer* or mono-layer* or film* or quantum* or multilayer* or multi-layer* or array* or molecu* or polymer* or co-polymer* or copolymer* or mater* or biolog* or supramolecul*)
(SELF ASSEMBL* or SELF ORGANIZ* or DIRECTED ASSEMBL*) AND (monolayer* or mono-layer* or film* or quantum* or multilayer* or multi-layer* or array* or molecu* or polymer* or co-polymer* or copolymer* or mater* or biolog* or supramolecul*)

Les requêtes nano-journaux

Les listes des journaux ci-dessous déployées sont extraites des articles ou rapports publiés ou résultantes de l'application d'une requête lexicale mentionné dans l'article ou rapport dans le ensemble des journaux de la collection Scopus et ISI WoS.

Braun et al (2007)

Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures
IEEE Transactions on Nanobioscience
IEEE Transactions on Nanotechnology
International Journal of Nanoscience
Journal of Biomedical Nanotechnology
Journal of Computational and Theoretical Nanoscience
Journal of Nanobiotechnology
Journal of Nanoparticle Research
Journal of Nanoscience and Nanotechnology
Journal of Vacuum Science and Technology B Microelectronics and Nanometer Structures
Nano Letters
Nanomedicine Nanotechnology Biology and Medicine
Nanotechnology
Physica E Low Dimensional Systems and Nanostructures
Precision Engineering: Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology
Virtual Journal of Nanoscale Science and Technology

Leydesdorff et Zhou (2007)

Advanced Materials
Chemical Physics Letters
Chemistry of Materials
Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures
IEEE Transactions on Nanotechnology
Journal of Materials Chemistry.
Journal of Nanoparticle Research
Journal of Nanoscience and Nanotechnology
Nano Letters
Nanotechnology

The Journal of Physical Chemistry B Condensed Matter Materials Surfaces Interfaces & Biophysical

Porter et al (2008)

ACS Nano
E Journal of Surface Science and Nanotechnology
Fullerene Science and Technology
Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures
Handai Nanophotonics
IEE Proceedings Nanobiotechnology
IEEE Nanotechnology Magazine
IEEE Transactions on Nanobioscience
IEEE Transactions on Nanotechnology
Iet Nanobiotechnology
International Journal of Nanomedicine
International Journal of Nanoscience
International Journal of Nanotechnology
Journal of Biomedical Nanotechnology
Journal of Computational and Theoretical Nanoscience
Journal of Experimental Nanoscience
Journal of Metastable and Nanocrystalline Materials
Journal of Micro Nanolithography MEMS and Moems
Journal of Nanobiotechnology
Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics
Journal of Nanomaterials
Journal of Nanoparticle Research
Journal of Nanophotonics
Journal of Nanoscience and Nanotechnology
Journal of Vacuum Science and Technology B Microelectronics and Nanometer Structures
Materials Science & Engineering C-Biomimetic and Supramolecular Systems
Micro and Nano Letters
Microfluidics and Nanofluidics
Nami Jishu Yu Jingmi Gongcheng Nanotechnology and Precision Engineering
Nano
Nano I Mikrosistemnaya Tekhnika
Nano Letters
Nano Today
Nanobiology
Nanobiotechnology
Nanoethics
Nanomedicine
Nanomedicine London England
Nanomedicine Nanotechnology Biology and Medicine
Nanoscale and Microscale Thermophysical Engineering
Nanoscale Research Letters

Nanoscience
Nanostructured Materials
Nanotechnology
Nanotechnology Law and Business
Nanotechnology Perceptions
Nanotoxicology
Nature Nanotechnology
Photonics and Nanostructures Fundamentals and Applications
Physica E Low Dimensional Systems and Nanostructures
Proceedings of the International Conference on Integration and Commercialization of Micro and Nanosystems 2007
Recent Patents on Nanotechnology
Synthesis and Reactivity in Inorganic Metal Organic and Nano Metal Chemistry

Schummer (2004)

Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures
Journal of Nanoparticle Research
Journal of Nanoscience and Nanotechnology
Journal of the American Chemical Society
Journal of Vacuum Science and Technology B Microelectronics and Nanometer Structures
Nano Letters
Nanotechnology
Physica E Low Dimensional Systems and Nanostructures
Precision Engineering: Journal of the International Societies for Precision Engineering and Nanotechnology

KEY("single?molecule") OR TITLE-ABS-KEY("site specific" "gene therapy") OR TITLE-ABS-KEY("situ polymerization") OR TITLE-ABS-KEY("soft lithograph") OR TITLE-ABS-KEY("soft magnetic material") OR TITLE-ABS-KEY("sol* method") OR TITLE-ABS-KEY("solar cell") OR TITLE-ABS-KEY("solid lipid") OR TITLE-ABS-KEY("spark plasma") OR TITLE-ABS-KEY("supramolecular chemistry") OR TITLE-ABS-KEY("surface chemistry") OR TITLE-ABS-KEY("surface enhanced Raman") OR TITLE-ABS-KEY("Surface modification" "layer by layer") OR TITLE-ABS-KEY("Surface modification" "molecular layer") OR TITLE-ABS-KEY("surface plasmon") OR TITLE-ABS-KEY("thin film") OR TITLE-ABS-KEY("tio2 film") OR TITLE-ABS-KEY("transmission electron microscop") OR TITLE-ABS-KEY("tribological propert") OR TITLE-ABS-KEY("tube* modified") OR TITLE-ABS-KEY("tunnel* microscop") OR TITLE-ABS-KEY("ultraviolet lithography") OR TITLE-ABS-KEY("vapor deposition") OR TITLE-ABS-KEY("walled carbon") OR TITLE-ABS-KEY("X ray photoelectron") OR TITLE-ABS-KEY("zinc compound") OR TITLE-ABS-KEY(*nano*) OR TITLE-ABS-KEY(a61k009 51) OR TITLE-ABS-KEY(afm) OR TITLE-ABS-KEY(array* "molecular sieve") OR TITLE-ABS-KEY(array* "molecular simul") OR TITLE-ABS-KEY(array* "sol gel") OR TITLE-ABS-KEY(array* "solgel") OR TITLE-ABS-KEY(array* dendrimer*) OR TITLE-ABS-KEY(atomic layer?) OR TITLE-ABS-KEY(b82b*) OR TITLE-ABS-KEY(bacteriorhodopsin g02*) OR TITLE-ABS-KEY(bacteriorhodopsin g03*) OR TITLE-ABS-KEY(bacteriorhodopsin g06*) OR TITLE-ABS-KEY(bacteriorhodopsin g11*) OR TITLE-ABS-KEY(biochip a61*) OR TITLE-ABS-KEY(biochip c12q*) OR TITLE-ABS-KEY(biochip g01n*) OR TITLE-ABS-KEY(biomolecule* g02*) OR TITLE-ABS-KEY(biomolecule* g03*) OR TITLE-ABS-KEY(biomolecule* g06*) OR TITLE-ABS-KEY(biomolecule* g11*) OR TITLE-ABS-KEY(biopolymer* g02*) OR TITLE-ABS-KEY(biopolymer* g03*) OR TITLE-ABS-KEY(biopolymer* g06*) OR TITLE-ABS-KEY(biopolymer* g11*) OR TITLE-ABS-KEY(biosensor?) OR TITLE-ABS-KEY(buckytub*) OR TITLE-ABS-KEY(carbontub*) OR TITLE-ABS-KEY(chemisorption) OR TITLE-ABS-KEY(conjugate "drug targeting") OR TITLE-ABS-KEY(conjugate "gene therapy") OR TITLE-ABS-KEY(edx) OR TITLE-ABS-KEY(eels) OR TITLE-ABS-KEY(electrospinning) OR TITLE-ABS-KEY(encapsulation "drug targeting") OR TITLE-ABS-KEY(encapsulation "gene therapy") OR TITLE-ABS-KEY(encapsulation virus) OR TITLE-ABS-KEY(film* "molecular sieve") OR TITLE-ABS-KEY(film* "molecular simul") OR TITLE-ABS-KEY(film* "sol gel") OR TITLE-ABS-KEY(film* dendrimer*) OR TITLE-ABS-KEY(film* solgel*) OR TITLE-ABS-KEY(fulleren*) OR TITLE-ABS-KEY(g01n013*) OR TITLE-ABS-KEY(g12b021) OR TITLE-ABS-KEY(hrtem) OR TITLE-ABS-KEY(immobilized dna) OR TITLE-ABS-KEY(immobilized oligonucleotide) OR TITLE-ABS-KEY(immobilized polynucleotide) OR TITLE-ABS-KEY(immobilized primer) OR TITLE-ABS-KEY(immobilized template) OR TITLE-ABS-KEY(immunosensor based) OR TITLE-ABS-KEY(lab chip) OR TITLE-ABS-KEY(mbe) OR TITLE-ABS-KEY(mesoporous) OR TITLE-ABS-KEY(microstructure) OR TITLE-ABS-KEY(monolayer g03g*) OR TITLE-ABS-KEY(monolayer h01j*) OR TITLE-ABS-KEY(monolayer* "molecular sieve") OR TITLE-ABS-KEY(monolayer* "molecular simul") OR TITLE-ABS-KEY(monolayer* "sol gel") OR TITLE-ABS-KEY(monolayer* dendrimer*) OR TITLE-ABS-KEY(monolayer* solgel*) OR TITLE-ABS-KEY(montmorillonite) OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* "molecular sieve") OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* "molecular simul") OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* "sol gel") OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* "surface modification") OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* dendrimer*) OR TITLE-ABS-KEY(multilayer* solgel*) OR TITLE-ABS-KEY(nems) OR TITLE-ABS-KEY(nm "scanning tunneling microscop") OR TITLE-ABS-KEY(nm chip*) OR TITLE-ABS-KEY(nm cluster*) OR TITLE-ABS-KEY(nm crystal*) OR TITLE-ABS-KEY(nm deposition) OR TITLE-ABS-KEY(nm device*) OR TITLE-ABS-KEY(nm diameter) OR TITLE-ABS-KEY(nm dimensional) OR TITLE-ABS-KEY(nm electron*) OR TITLE-ABS-KEY(nm engineering) OR TITLE-ABS-KEY(nm film*) OR TITLE-ABS-KEY(nm grain*) OR TITLE-ABS-KEY(nm layer*) OR TITLE-ABS-KEY(nm material*) OR TITLE-ABS-KEY(nm order) OR TITLE-ABS-KEY(nm powder*) OR TITLE-ABS-KEY(nm range) OR TITLE-ABS-KEY(nm scale) OR TITLE-ABS-KEY(nm silicon) OR TITLE-ABS-KEY(nm size*) OR TITLE-ABS-KEY(nm surface*) OR TITLE-ABS-KEY(organized "cell adhesion") OR TITLE-ABS-KEY(organized "cell seeding") OR TITLE-ABS-KEY(organized "cell therapy") OR TITLE-ABS-KEY(organized "extracellular matrix") OR TITLE-ABS-KEY(organized "tissue engineering") OR TITLE-ABS-KEY(organized "tissue repair") OR TITLE-ABS-KEY(organized biochip) OR TITLE-ABS-KEY(organized biocompat*bility) OR TITLE-ABS-KEY(organized blood compat*bility) OR TITLE-ABS-KEY(organized bloodcompat*bility) OR TITLE-ABS-KEY(organized cellseeding) OR TITLE-ABS-KEY(organized immunosensor*) OR TITLE-ABS-KEY(organoclay) OR TITLE-ABS-KEY(particles "drug targeting") OR TITLE-ABS-KEY(particles "gene therapy") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "blood compat*bility") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "cell adhesion") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "cell seeding") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "cell therapy") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "extracellular matrix") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "organized assemblies") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "tissue engineering") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* "tissue repair") OR TITLE-ABS-KEY(pattern* biochip) OR TITLE-ABS-KEY(pattern* biocompat*bility) OR TITLE-ABS-KEY(pattern* bloodcompat*bility) OR TITLE-ABS-KEY(pattern* cellseeding) OR TITLE-ABS-KEY(pattern* immunosensor*) OR TITLE-ABS-KEY(pebbles) OR TITLE-ABS-KEY(polymer "gene therapy") OR TITLE-ABS-KEY(polymer antibody) OR TITLE-ABS-KEY(polymer dna) OR TITLE-ABS-KEY(polymer drug targeting) OR TITLE-ABS-KEY(polymer enzyme) OR TITLE-ABS-KEY(polymer polynucleotide) OR TITLE-ABS-KEY(polymer protein) OR TITLE-ABS-KEY(polymer rna) OR TITLE-ABS-KEY(polymer virus) OR TITLE-ABS-KEY(quantum* "molecular sieve") OR TITLE-ABS-KEY(quantum* "molecular simul") OR TITLE-ABS-KEY(quantum* "sol gel") OR TITLE-ABS-KEY(quantum* dendrimer*) OR TITLE-ABS-KEY(quantum* solgel*) OR TITLE-ABS-KEY(quasicrystal*) OR TITLE-ABS-KEY(sem) OR TITLE-ABS-KEY(sintering) OR TITLE-ABS-KEY(sputtering) OR TITLE-ABS-KEY(stm) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* chip*) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* diameter) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* dimensional) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* electron*) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* engineering) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* layer*) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* order) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* range) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* scale) OR TITLE-ABS-KEY(submicro* size*) OR TITLE-ABS-KEY(supercapacitor) OR TITLE-ABS-KEY(superplasticity) OR TITLE-ABS-KEY(tem) OR TITLE-ABS-KEY(thiol h011*) OR TITLE-ABS-KEY(tio2 solar) OR ISSN(19360851) OR ISSN(15214095) OR ISSN(00092614) OR ISSN(08974756) OR ISSN(13480391) OR ISSN(1064122x) OR ISSN(15364046) OR ISSN(14781581) OR ISSN(19324510) OR ISSN(15361241) OR ISSN(1536125x) OR ISSN(17518741) OR ISSN(11769114) OR ISSN(0219581x) OR ISSN(14757435) OR ISSN(15507033) OR ISSN(15461955) OR ISSN(17458080) OR ISSN(09599428) OR ISSN(14226375) OR ISSN(15371646) OR ISSN(14773155) OR ISSN(1555130x) OR ISSN(16874110) OR ISSN(13880764) OR ISSN(19342608) OR ISSN(15334880) OR ISSN(00027863) OR ISSN(10711023) OR ISSN(09284931) OR ISSN(17500443) OR ISSN(16134982) OR ISSN(16726030) OR ISSN(17932920) OR ISSN(18138586) OR ISSN(15306984) OR ISSN(17480132) OR ISSN(09583165) OR ISSN(15511286) OR ISSN(18714757) OR ISSN(17435889) OR ISSN(17435889) OR ISSN(15499634) OR ISSN(15567265) OR ISSN(19317573) OR ISSN(15499634) OR ISSN(09659773) OR ISSN(0957484) OR ISSN(15462080) OR ISSN(16606795) OR ISSN(17435390) OR ISSN(17483387) OR ISSN(15694410) OR ISSN(13869477) OR ISSN(01416359) OR ISSN(18722105) OR ISSN(15533174) OR ISSN(15206106) OR ISSN(15539644) OR ISSN(19360851) OR ISSN(13872176) OR ISSN(19321058) OR ISSN(09565663) OR ISSN(15734137) OR ISSN(1536383x) OR ISSN(14781581) OR ISSN(15361241) OR ISSN(1536125x) OR ISSN(17518741) OR ISSN(11769114) OR ISSN(14757435) OR ISSN(15461955) OR ISSN(17458080) OR ISSN(15371646) OR ISSN(09601317) OR ISSN(15371646) OR ISSN(1555130x) OR ISSN(13880764) OR ISSN(15334880) OR ISSN(19327447) OR ISSN(10711023) OR ISSN(14730197) OR ISSN(09215093) OR

ISSN(10810595) OR ISSN(17500443) OR ISSN(01679317) OR ISSN(00262692) OR ISSN(00262714) OR ISSN(16134982) OR ISSN(13871811) OR ISSN(15567265) OR ISSN(09467076) OR ISSN(15306984) OR ISSN(17480132) OR ISSN(15567265) OR ISSN(19317573) OR ISSN(09574484) OR ISSN(17483387) OR ISSN(15694410) OR ISSN(13869477) OR ISSN(15571955) OR ISSN(01416359) OR ISSN(16065131) OR ISSN(13596462) OR ISSN(16136810) OR ISSN(15533174) OR AFFIL(*nano*) AND AFFILCOUNTRY(france) AND DOCTYPE(ar)

A4 La robustesse des requêtes

Les requêtes lexicales

Tableau 1: searching Outcomes by different strategies (Science Citation Index Expanded, 2006)¹

GLANZEL ²		NOYONS ²		PORTER ^{2,3}		MOGOUTOV		Nano*		LEYDESORFF	
Total papers: 48177		Total papers: 47002		Total papers: 57900		Total papers: 86751		Total papers: 39889		Total papers: 9027	
Top 10 Subject Areas	% of 81055 subject counts	Top 10 Subject Areas	% of 82990 subject area counts	Top 10 Subject Areas	% of 99950 subject area counts	Top 10 Subject Areas	% of 151399 subject counts	Top 10 Subject Areas	% of 70643 subject counts	Top 10 Subject Areas	% of 10613 subject counts
Materials Science, Multidisciplinary	14.1	Materials Science, Multidisciplinary	13.3	Materials Science, Multidisciplinary	13.5	Materials Science, Multidisciplinary	13.9	Materials Science, Multidisciplinary	14.7	Chemistry, Physical	35.1
Physics, Applied	13.4	Physics, Applied	11.7	Physics, Applied	12.3	Physics, Applied	12.2	Physics, Applied	12.5	Materials Science, Multidisciplinary	21.0
Chemistry, Physical	9.6	Chemistry, Physical	9.4	Chemistry, Physical	9.6	Chemistry, Physical	8.1	Chemistry, Physical	9.7	Nanoscience & Nanotechnology	11.4
Physics, Condensed Matter	8.6	Physics, Condensed Matter	7.3	Physics, Condensed Matter	8.3	Physics, Condensed Matter	7.6	Physics, Condensed Matter	7.4	Chemistry, Multidisciplinary	8.3
Chemistry, Multidisciplinary	5.8	Chemistry, Multidisciplinary	6.1	Chemistry, Multidisciplinary	5.6	Chemistry, Multidisciplinary	4.4	Chemistry, Multidisciplinary	6.2	Physics, Atomic, Molecular & Chemical	8.3
Nanoscience & Nanotechnology	5.6	Nanoscience & Nanotechnology	5.2	Nanoscience & Nanotechnology	4.7	Nanoscience & Nanotechnology	4.0	Nanoscience & Nanotechnology	5.6	Physics, Applied	8.0
Polymer Science	3.7	Polymer Science	3.9	Polymer Science	4.2	Polymer Science	3.4	Polymer Science	3.8	Engineering, Multidisciplinary	5.2
Materials Science, Coatings & Films	2.3	Chemistry, Analytical	2.4	Materials Science, Coatings & Films	2.5	Metallurgy & Metallurgical Engineering	3.2	Materials Science, Coatings & Films	2.1	Physics, Condensed Matter	2.8
Engineering, Electrical & Electronic	2.3	Materials Science, Coatings & Films	2.1	Physics, Multidisciplinary	2.2	Materials Science, Coatings & Films	2.9	Metallurgy & Metallurgical Engineering	2.0		
Physics, Multidisciplinary	2.2	Electrochemistry	2.1	Metallurgy & Metallurgical Engineering	2.1	Engineering, Electrical & Electronic	2.3	Engineering, Electrical & Electronic	2.0		
Top 10 Countries/Regions	of 97219 country counts	Top 10 Countries/Regions	of 99535 country counts	Top 10 Countries/Regions	of 121227 country counts	Top 10 Countries/Regions	of 178999 country counts	Top 10 Countries/Regions	of 83372 country counts	Top 10 Countries/Regions	of 19332 country counts
USA	22.0	USA	22.8	USA	20.3	USA	20.0	USA	22.2	USA	24.8
Peoples R. China	15.5	Peoples R. China	15.1	Peoples R. China	15.9	Peoples R. China	14.8	Peoples R. China	16.4	Peoples R. China	12.5
Japan	9.3	Japan	9.2	Japan	9.1	Japan	10.2	Japan	9.0	Japan	9.7
Germany	6.2	Germany	6.2	Germany	6.2	Germany	5.9	Germany	5.8	Germany	5.7
South Korea	5.5	South Korea	5.3	South Korea	5.4	South Korea	5.6	South Korea	5.5	France	4.9
France	4.8	France	4.6	France	4.7	France	4.8	France	4.6	Italy	4.3
Taiwan	3.5	Taiwan	3.2	Taiwan	3.3	Taiwan	3.3	Taiwan	3.3	South Korea	4.2
Italy	3.1	Italy	3.2	Italy	3.3	Italy	3.2	Italy	3.2	England	3.6
England	2.9	England	2.9	England	2.9	England	3.0	England	2.7	Spain	3.4
India	2.5	India	2.6	India	2.8	India	2.8	India	2.7	Taiwan	2.7
Top 10 Institutions	of 64345 organization counts	Top 10 Institutions	of 64739 organization counts	Top 10 Institutions	of 77775 organization counts	Top 10 Institutions	of 109314 organization counts	Top 10 Institutions	of 54654 organization counts	Top 10 Institutions	of 14278 organization counts
Chinese Acad Sci	4.3	Chinese Acad Sci	4.1	Chinese Acad Sci	4.4	Chinese Acad Sci	4.3	Chinese Acad Sci	4.4	Chinese Acad Sci	4.0
Russian Acad Sci	1.4	Russian Acad Sci	1.3	Russian Acad Sci	1.5	Russian Acad Sci	1.4	Russian Acad Sci	1.6	Natl Univ Singapore	1.1
CNRS	1.1	CNRS	1.1	CNRS	1.1	CNRS	1.1	CNRS	1.1	Univ Calif Berkeley	1.0
Natl Univ Singapore	1.0	Univ Texas	1.0	Tsing Hua Univ	1.0	Tsing Hua Univ	1.0	Natl Univ Singapore	1.1	Univ Illinois	0.9
Tsing Hua Univ	1.0	Natl Univ Singapore	1.0	Natl Univ Singapore	0.9	Tohoku Univ	1.0	CNRS	1.0	MIT	0.9
Univ Illinois	0.9	Tsing Hua Univ	1.0	Univ Tokyo	0.8	Univ Tokyo	0.9	Univ Sci & Technol China	0.9	Univ Tokyo	0.8
Univ Tokyo	0.9	Univ Illinois	0.9	Univ Sci & Technol China	0.8	Osaka Univ	0.9	Univ Texas	0.9	CNR	0.8
Univ Sci & Technol China	0.8	Univ Sci & Technol China	0.8	Univ Illinois	0.8	Natl Univ Singapore	0.8	Nanjing Univ	0.9	Georgia Inst Technol	0.8
Univ Texas	0.8	Univ Tokyo	0.8	Tohoku Univ	0.8	Univ Texas	0.8	Univ Illinois	0.8	Univ Sci & Technol China	0.8
Tohoku Univ	0.8	Osaka Univ	0.8	Zhejiang Univ	0.8	Seoul Natl Univ	0.8	Tohoku Univ	0.8	Nanjing Univ	0.8

Note:

1. A journal in the database of Science Citation Index Expanded can be tagged with more than one field. An article can have multiple authors who are from different organizations and countries. That is the reason why the share of the records in different fields adds up to be more than 1.
2. The search queries we implemented for the search strategies of GLANZEL, NOYONS and PORTER are slightly different from the original queries in the way that we search keywords or combined keywords with quotation mark in Web of Science. Without quotation mark, unrelated keywords which are separately scattered in its title, keyword or abstract can be wrongly regarded as a combined keyword. The articles including these separated keywords would be accordingly wrongly retrieved in the latest version of Web of Science. By adding the quotation mark, we retrieve the articles which encompass the exact combined keywords in its title, keyword or abstract.
3. We did not implement the modular 8 in the PORTER's search algorithm because we consider the modular 8, which only includes a small number of journals and it contributes to less than 1 percent of total articles retrieved by PORTER's search strategy, is an ad hoc addition to the overall search algorithm.

Source : Huang et al (2008)

Les requêtes sur nano-journaux

Tableau 2: The top 10 journals (in descending order⁹ in terms of publishing most of nanotechnology articles (Science Citation Index Expanded, 2006)¹

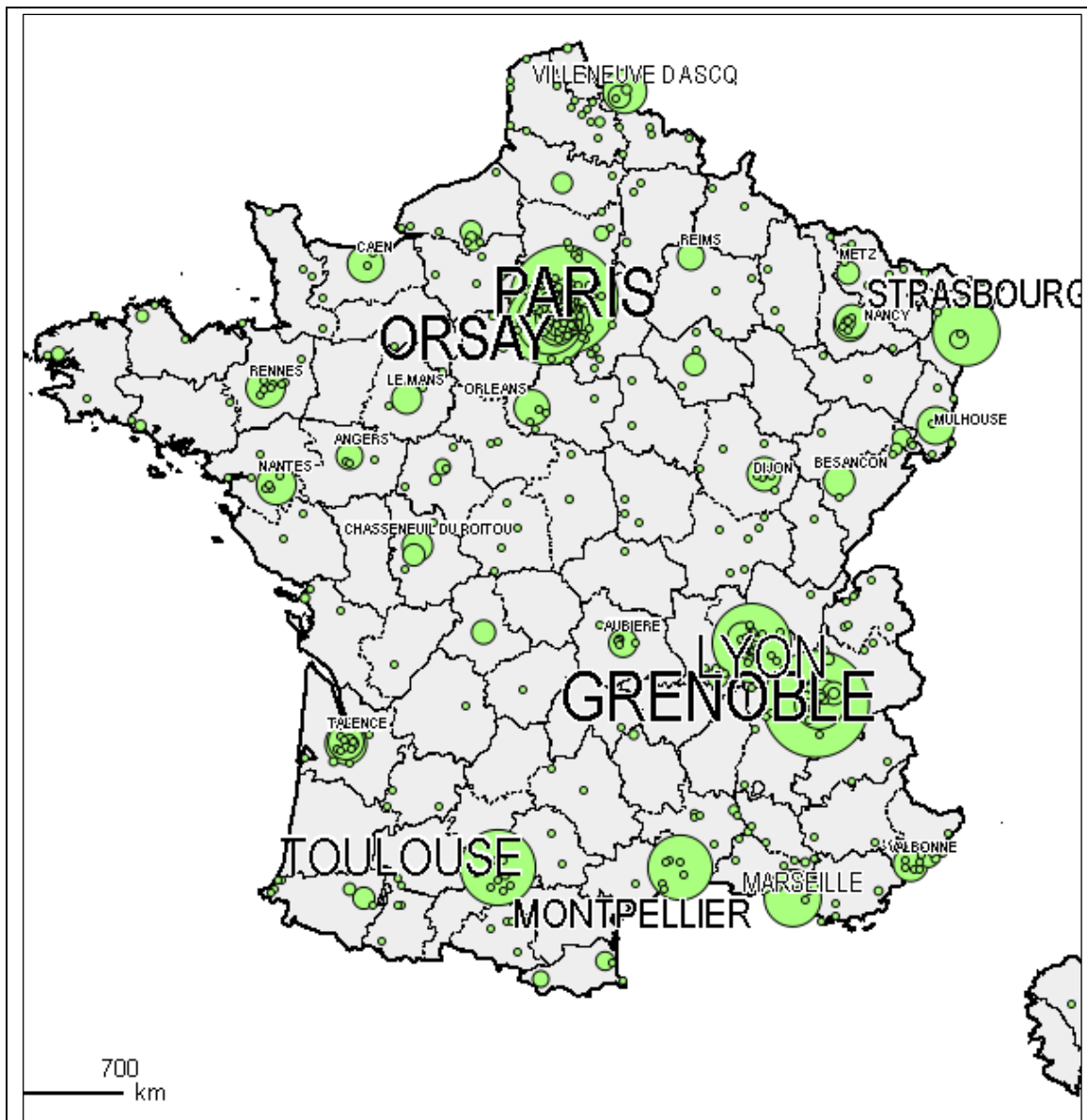
GLANZEL	NOYONS	PORTER	MOGOUTOV	Nano*	LEYDESDORFF
APPLIED PHYSICS LETTERS	APPLIED PHYSICS LETTERS	APPLIED PHYSICS LETTERS	APPLIED PHYSICS LETTERS	APPLIED PHYSICS LETTERS	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B
PHYSICAL REVIEW B	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	PHYSICAL REVIEW B	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	CHEMICAL PHYSICS LETTERS
JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	PHYSICAL REVIEW B	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	PHYSICAL REVIEW B	PHYSICAL REVIEW B	NANOTECHNOLOGY
JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	NANOTECHNOLOGY	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B	NANOTECHNOLOGY	CHEMISTRY OF MATERIALS
NANOTECHNOLOGY	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	LANGMUIR	THIN SOLID FILMS	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY
LANGMUIR	LANGMUIR	NANOTECHNOLOGY	LANGMUIR	LANGMUIR	JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY
JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	THIN SOLID FILMS	NANOTECHNOLOGY	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	ADVANCED MATERIALS
THIN SOLID FILMS	THIN SOLID FILMS	JOURNAL OF THE AMERICAN CHEMICAL SOCIETY	APPLIED SURFACE SCIENCE	NANO LETTERS	NANO LETTERS
PHYSICAL REVIEW LETTERS	PHYSICAL REVIEW LETTERS	JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE	SURFACE & COATINGS TECHNOLOGY	THIN SOLID FILMS	JOURNAL OF NANOPARTICLE RESEARCH
NANO LETTERS	NANO LETTERS	PHYSICAL REVIEW LETTERS	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS PART 1-REGULAR PAPERS BRIEF COMMUNICATIONS & REVIEW PAPERS	JOURNAL OF NANOSCIENCE AND NANOTECHNOLOGY	FULLERENES NANOTUBES AND CARBON NANOSTRUCTURES

Note: 1. A few of the top 10 journals, which are identified by GLANZEL, NOYONS, PORTER and MOGOUTOV but are excluded in LEYDESDORFF's ten core journal list, are marked in bold.

Source : Huang et al (2008)

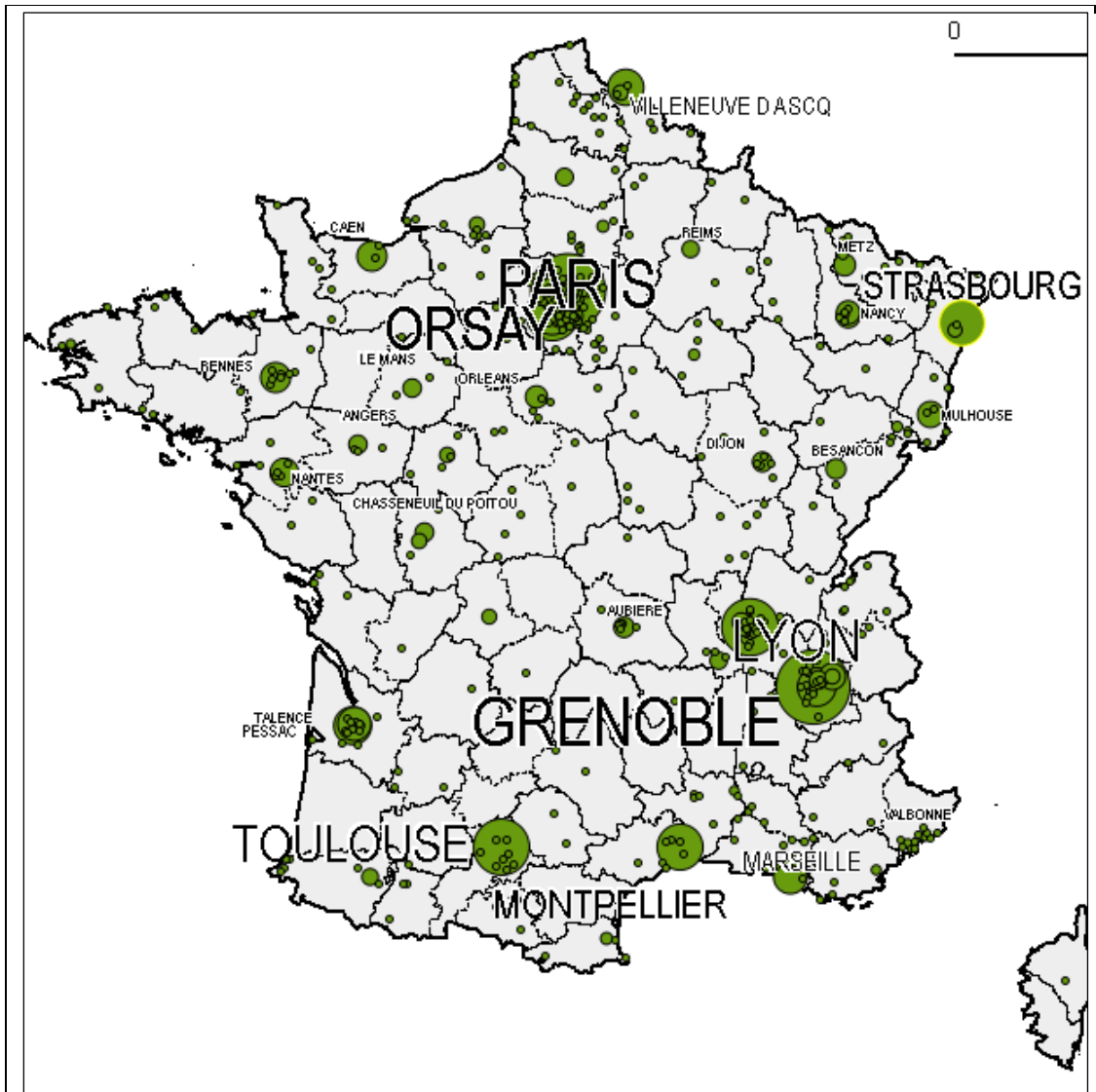
A5 Cartes complémentaires de la nanoscience française

Carte 19 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes lexiques confondues



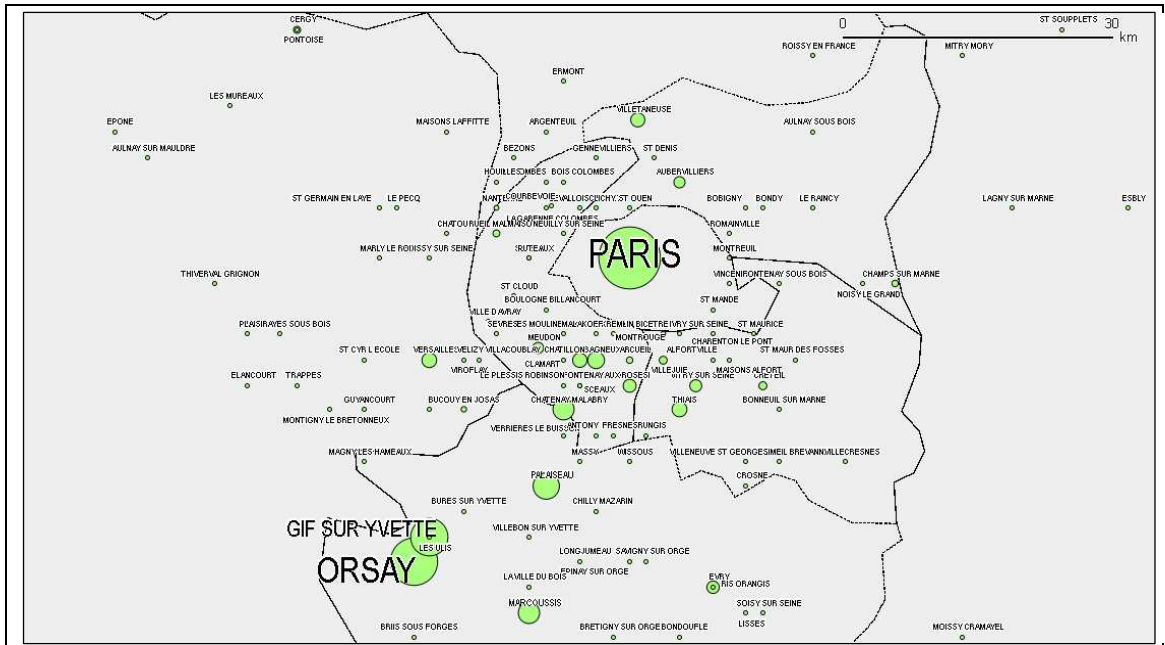
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 20 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, publiés dans des Nano-journaux



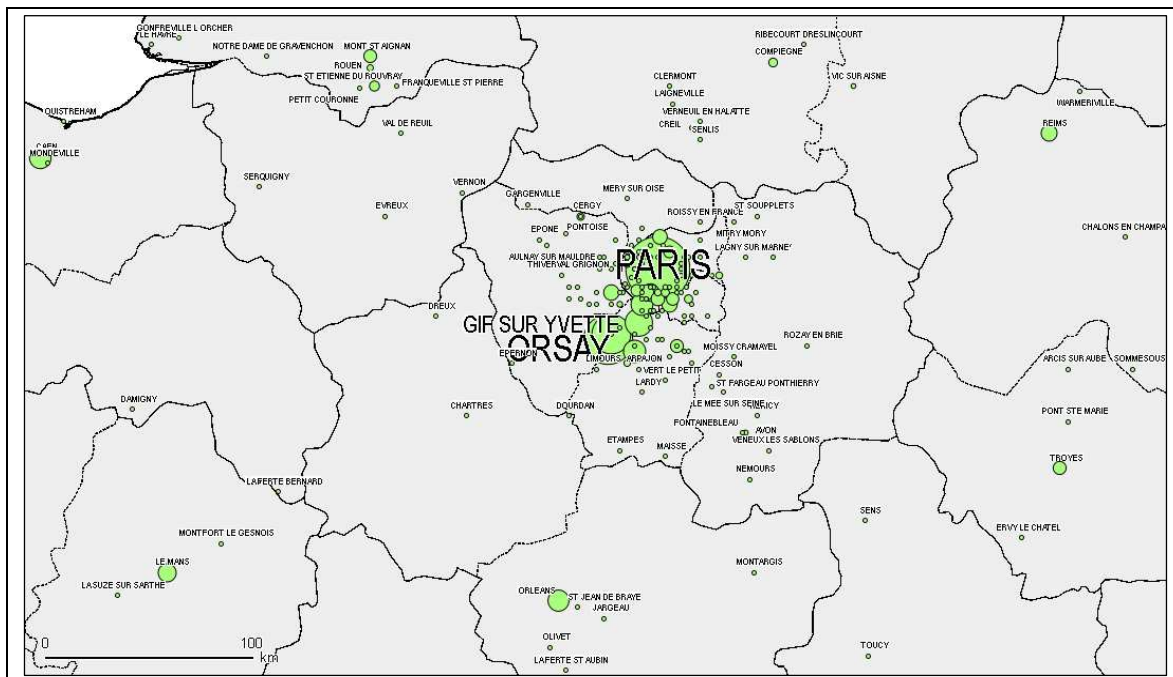
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 21 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, toutes les requêtes lexiques confondues



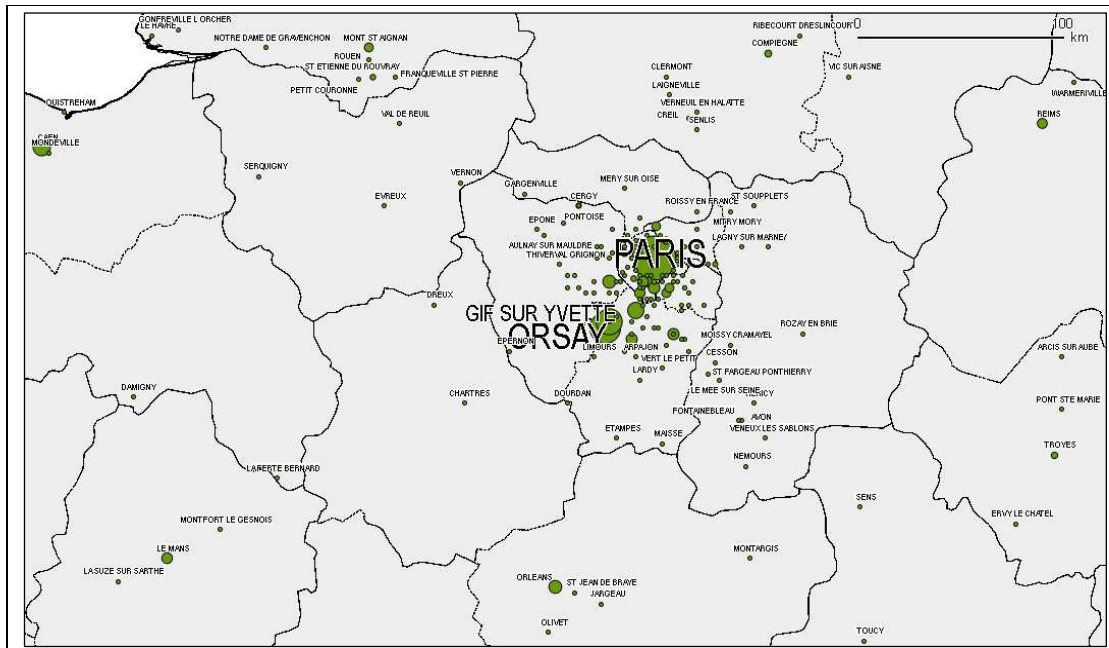
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 22 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la Proche Province Parisienne, toutes les requêtes lexiques confondues



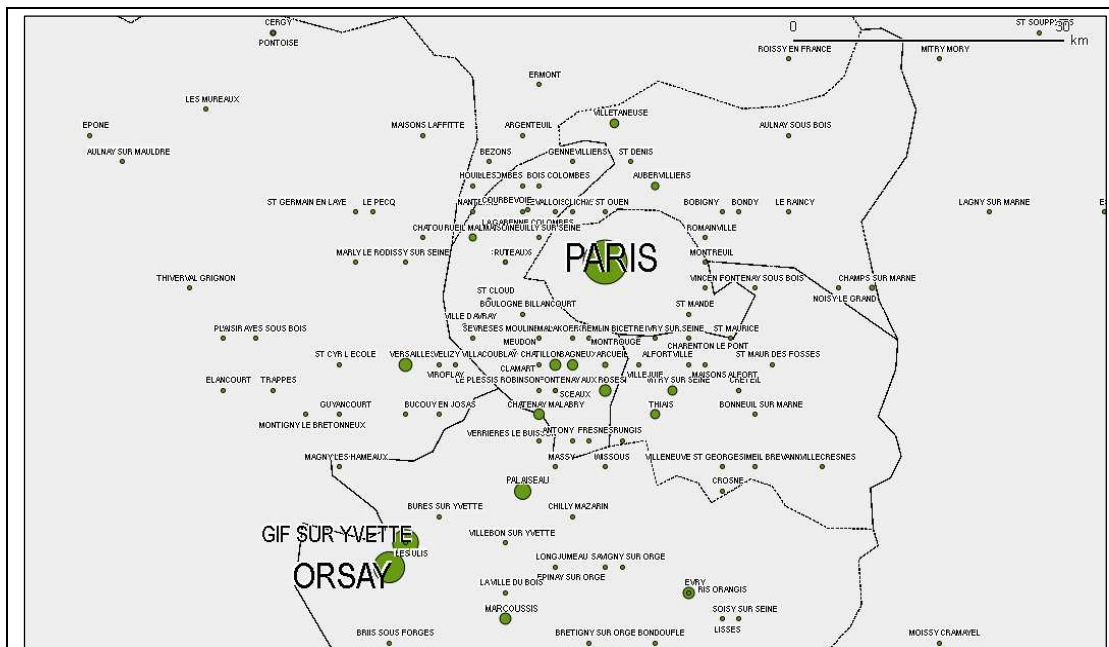
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 23 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la Proche Province Parisienne, publiés dans des Nano-journaux



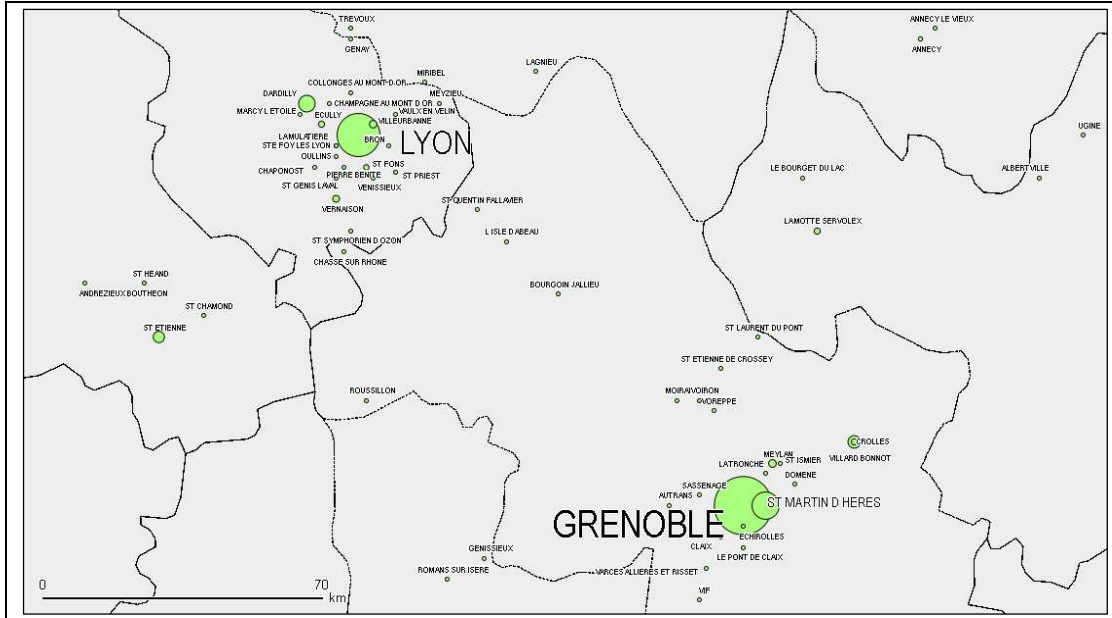
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 24 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, publiés dans des Nano-journaux



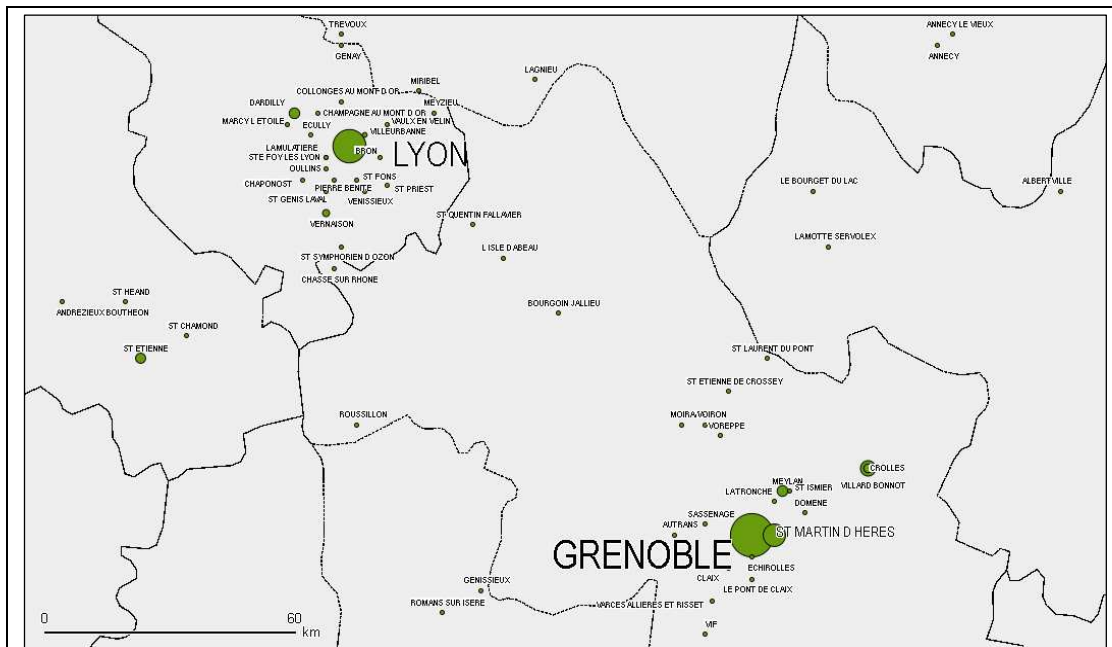
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 25 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, toutes les requêtes lexiques confondues



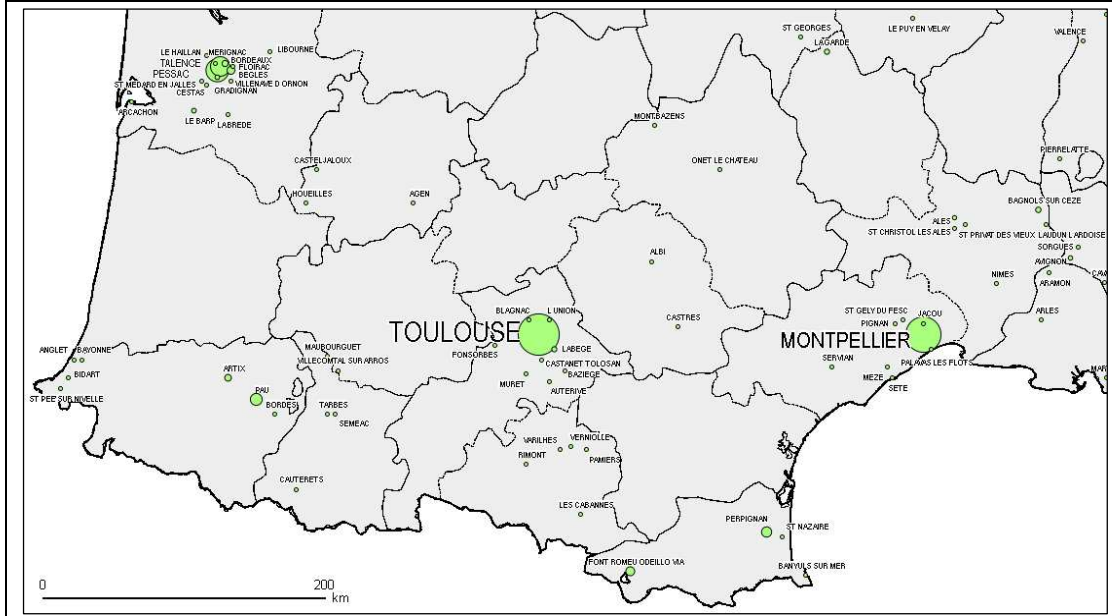
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 26 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, publiés dans des Nano-journaux



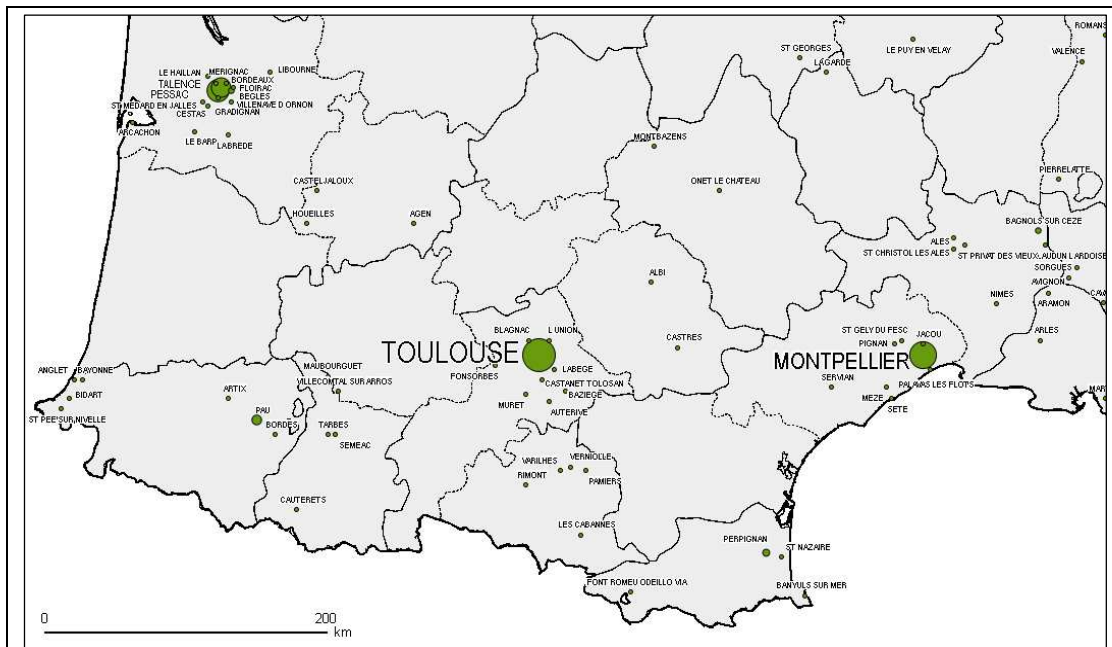
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 27 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Sud-ouest, toutes les requêtes lexiques confondues



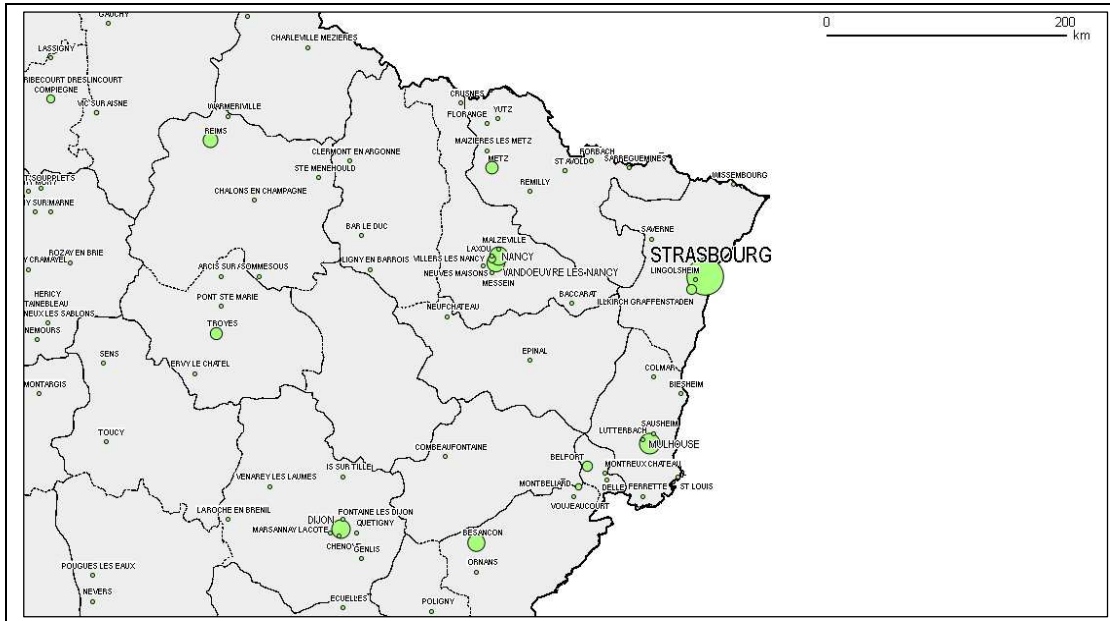
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 28 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Sud-Ouest, publiés dans des Nano-journaux



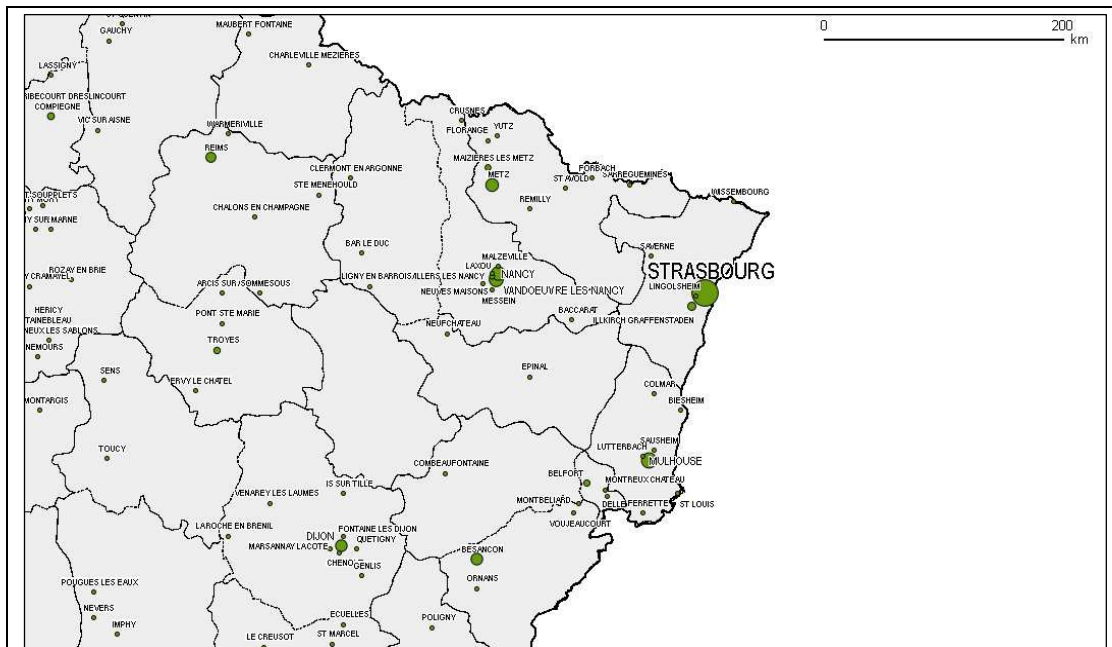
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 29 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, toutes les requêtes lexiques confondues



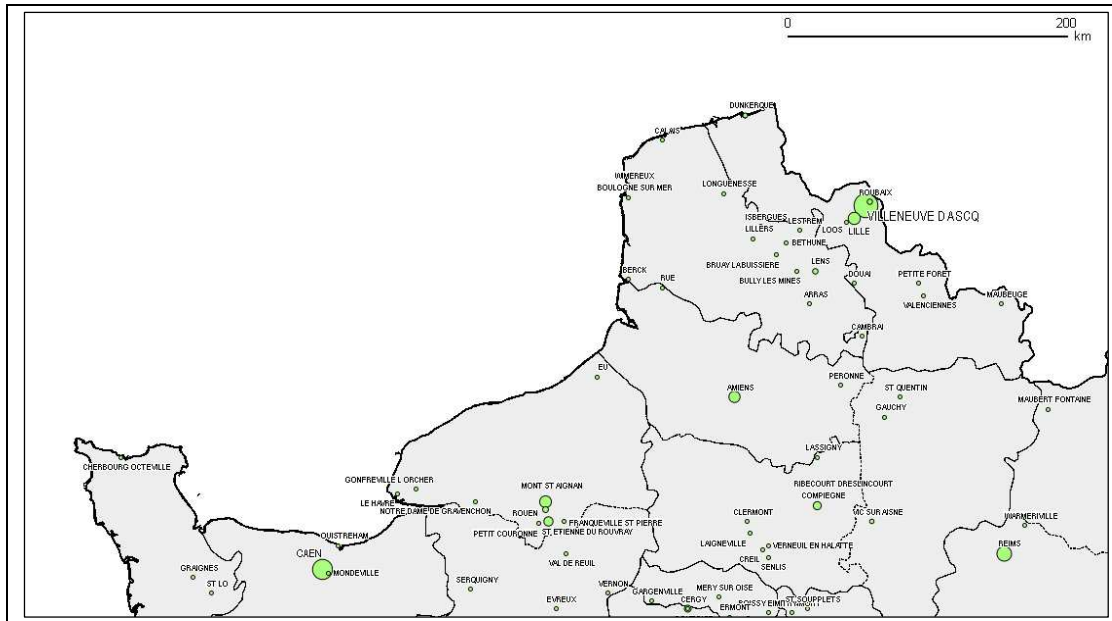
Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 30 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, publiés dans des Nano-journaux



Élaboration propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

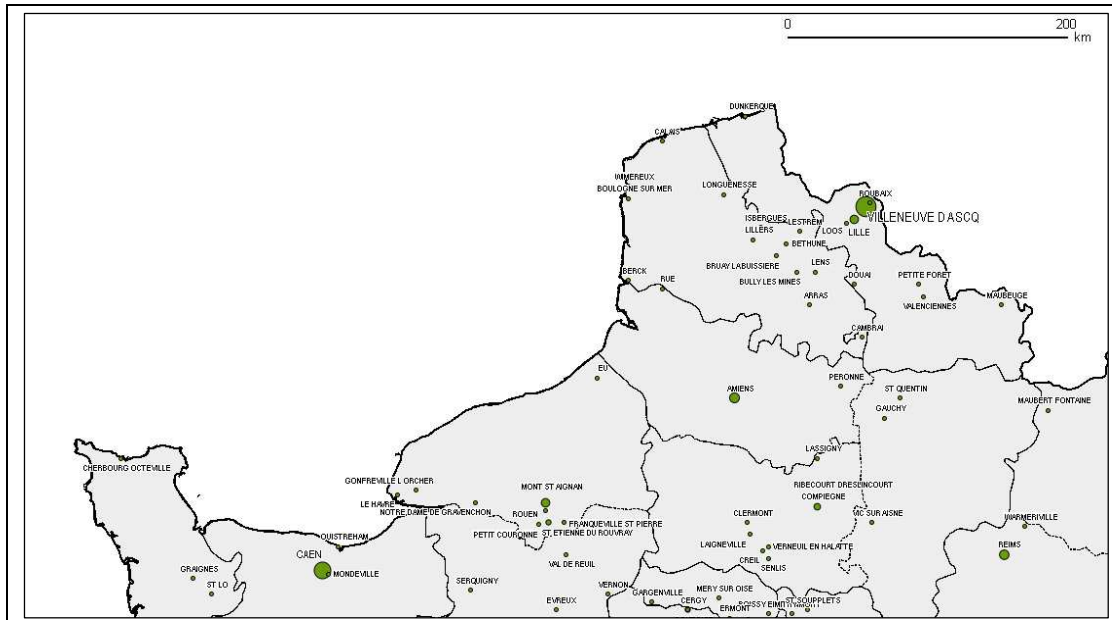
Carte 31 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, toutes les requêtes lexiques confondues



Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

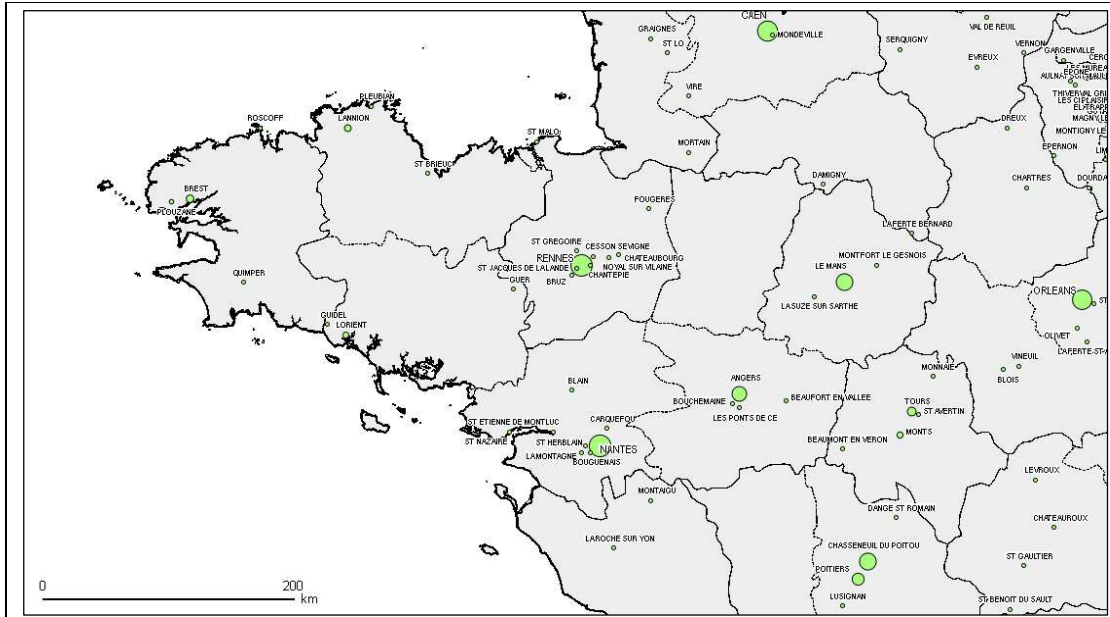
Carte 32 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, publiés dans des Nano-journaux



Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

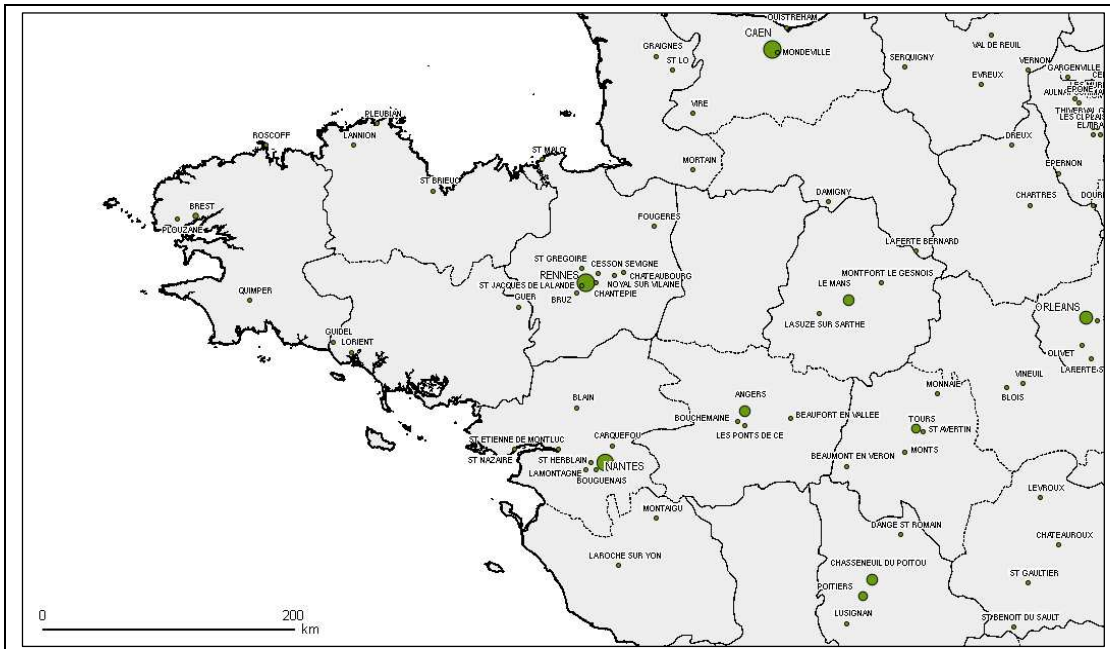
Carte 33 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, toutes les requêtes lexiques confondues



Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

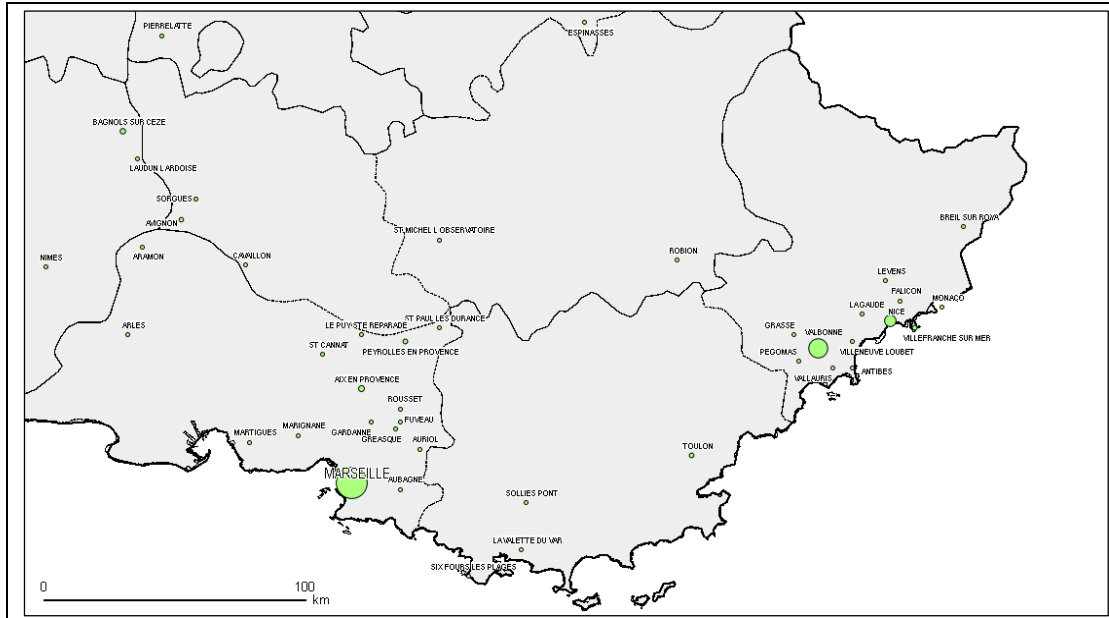
Carte 34 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, publiés dans des Nano-journaux



Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

Carte 35 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, toutes les requêtes lexiques confondues



Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (toutes les requêtes lexiques confondues) au niveau de la ville.

Carte 36 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, publiés dans des Nano-journaux

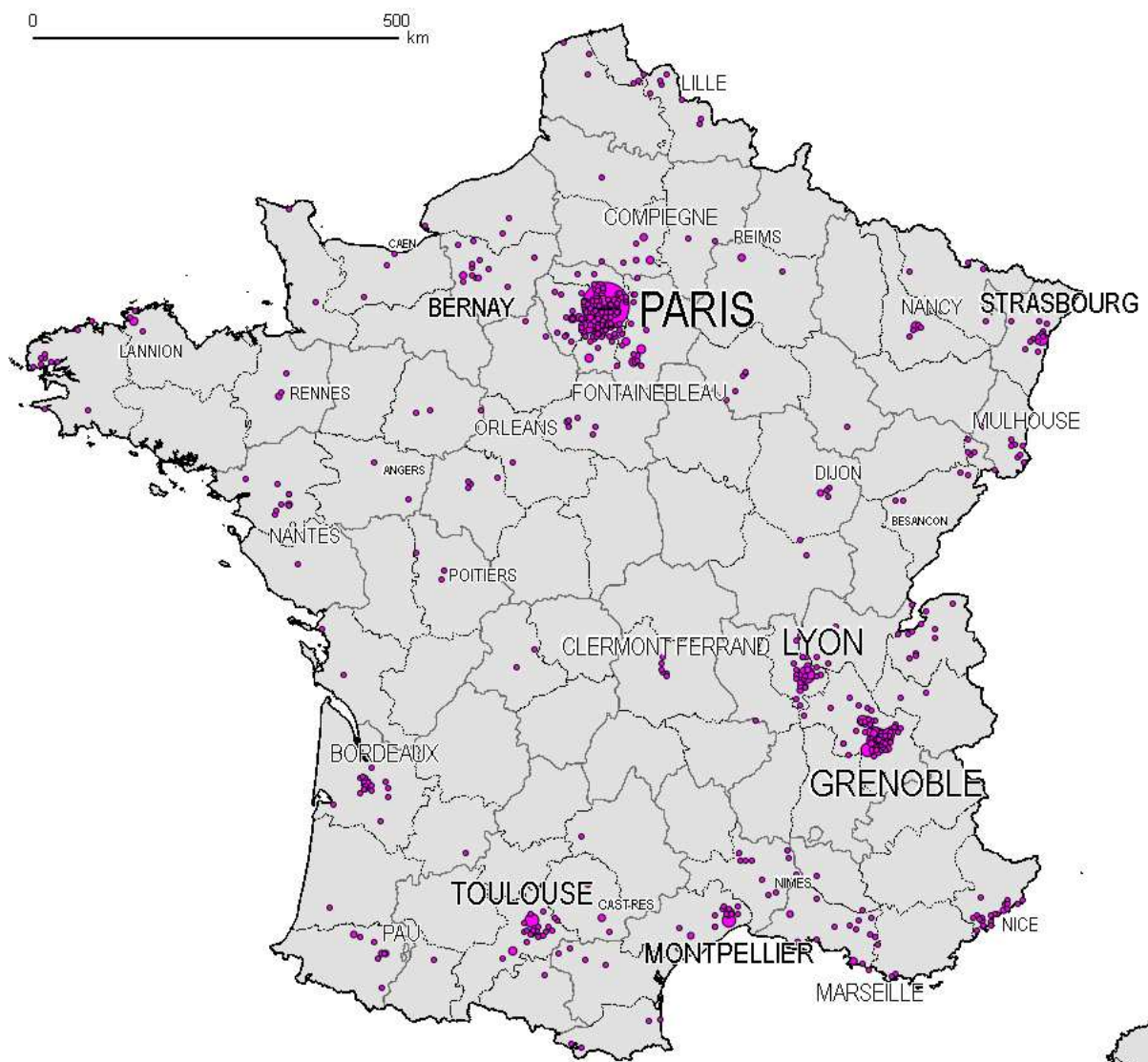


Élaboration

propre à partir des données Scopus (1996-2008). La taille des bulles représente la quantité de nano-articles différents (publiés dans des Nano-journaux) au niveau de la ville.

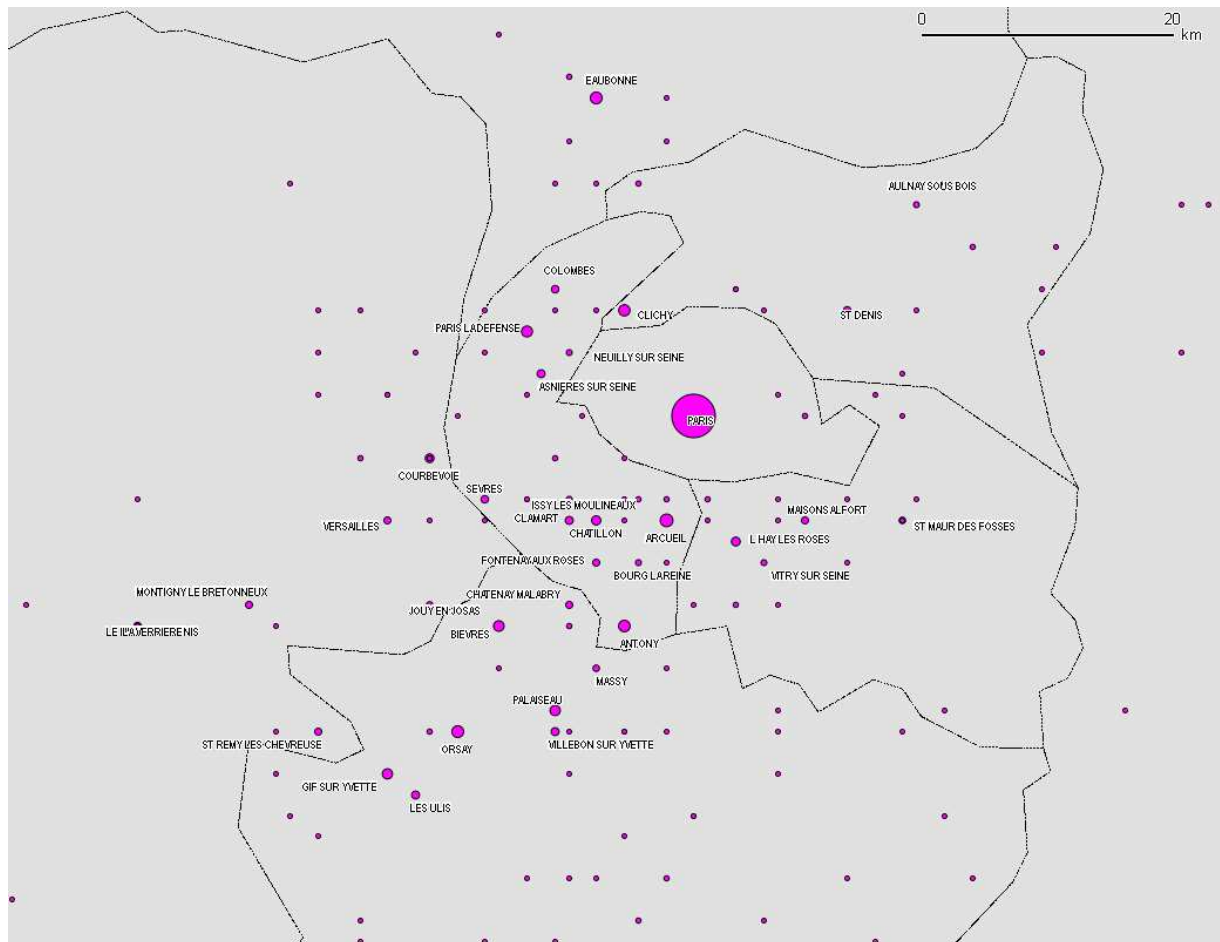
A6 Les brevets nano selon la nomenclature Y de l'EPO

Carte 37 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie, (requête Y01N)



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*). La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville.

Carte 38 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, (requête Y01N)



Élaboration propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*). La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville. Seulement les villes contenant 5 ou plus familles ont été libellés.

A7 Table de passage WIPO entre codes IPC- technologie

Field of Technology	International Patent Classification (IPC) Symbols
I: Electrical engineering	
1	Electrical machinery, apparatus, energy
	F21#, H01B, H01C, H01F, H01G, H01H, H01J, H01K, H01M, H01R, H01T, H02#, H05B, H05C, H05F, H99Z
2	Audio-visual technology
	G09F, G09G, G11B, H04N-003, H04N-005, H04N-009, H04N-013, H04N-015, H04N-017, H04R, H04S, H05K
3	Telecommunications
	G08C, H01P, H01Q, H04B, H04H, H04J, H04K, H04M, H04N-001, H04N-007, H04N-011, H04Q, H04W
4	Digital communication
	H04L
5	Basic communication processes
	H03#
6	Computer technology
	(G06# not G06Q), G11C, G10L
7	IT methods for management
	G06Q
8	Semiconductors
	H01L
II: Instruments	
9	Optics
	G02#, G03B, G03C, G03D, G03F, G03G, G03H, H01S
10	Measurement
	G01B, G01C, G01D, G01F, G01G, G01H, G01J, G01K, G01L, G01M, (G01N not G01N-033), G01P, G01R, G01S; G01V, G01W, G04#, G12B, G99Z
11	Analysis of biological materials
	G01N-033
12	Control
	G05B, G05D, G05F, G07#, G08B, G08G, G09B, G09C, G09D
13	Medical technology
	A61B, A61C, A61D, A61F, A61G, A61H, A61J, A61L, A61M, A61N, H05G
III: Chemistry	
14	Organic fine chemistry
	(C07B, C07C, C07D, C07F, C07H, C07J, C40B) not A61K, A61K-008, A61Q
15	Biotechnology
	(C07G, C07K, C12M, C12N, C12P, C12Q, C12R, C12S) not A61K
16	Pharmaceuticals
	A61K not A61K-008, A61P
17	Macromolecular chemistry, polymers
	C08B, C08C, C08F, C08G, C08H, C08K, C08L
18	Food chemistry
	A01H, A21D, A23B, A23C, A23D, A23F, A23G, A23J, A23K, A23L, C12C, C12F, C12G, C12H, C12J, C13D, C13F, C13J, C13K
19	Basic materials chemistry
	A01N, A01P, C05#, C06#, C09B, C09C, C09F, C09G, C09H, C09K, C09D, C09J, C10B, C10C, C10F, C10G, C10H, C10J, C10K, C10L, C10M, C10N, C11B, C11C, C11D, C99Z
20	Materials, metallurgy
	C01#, C03C, C04#, C21#, C22#, B22#
21	Surface technology, coating
	B05C, B05D, B32#, C23#, C25#, C30#
22	Micro-structural and nano-technology
	B81#, B82#
23	Chemical engineering
	B01B, B01D-000#, B01D-01##, B01D-02##, B01D-03##, B01D-041, B01D-043, B01D-057, B01D-059, B01D-06##, B01D-07##, B01F, B01J, B01L, B02C, B03#, B04#, B05B, B06B, B07#, B08#, D06B, D06C, D06L, F25J, F26#, C14C, H05H
24	Environmental technology
	A62D, B01D-045, B01D-046, B01D-047, B01D-049, B01D-050, B01D-051, B01D-052, B01D-053, B09#, B65F, C02#, F01N, F23G, F23J, G01T, E01F-008, A62C
IV: Mechanical engineering	
25	Handling
	B25J, B65B, B65C, B65D, B65G, B65H, B66#, B67#
26	Machine tools
	B21#, B23#, B24#, B26D, B26F, B27#, B30#, B25B, B25C, B25D, B25F, B25G, B25H, B26B
27	Engines, pumps, turbines
	F01B, F01C, F01D, F01K, F01L, F01M, F01P, F02#, F03#, F04#, F23R, G21#, F99Z
28	Textile and paper machines
	A41H, A43D, A46D, C14B, D01#, D02#, D03#, D04B, D04C, D04G, D04H, D05#, D06G, D06H, D06J, D06M, D06P, D06Q, D99Z, B31#, D21#, B41#
29	Other special machines
	A01B, A01C, A01D, A01F, A01G, A01J, A01K, A01L, A01M, A21B, A21C, A22#, A23N, A23P, B02B, C12L, C13C, C13G, C13H, B28#, B29#, C03B, C08J, B99Z, F41#, F42#
30	Thermal processes and apparatus
	F22#, F23B, F23C, F23D, F23H, F23K, F23L, F23M, F23N, F23Q, F24#, F25B, F25C, F27#, F28#
31	Mechanical elements
	F15#, F16#, F17#, G05G
32	Transport
	B60#, B61#, B62#, B63B, B63C, B63G, B63H, B63J, B64#
V: Other fields	
33	Furniture, games
	A47#, A63#
34	Other consumer goods
	A24#, A41B, A41C, A41D, A41F, A41G, A42#, A43B, A43C, A44#, A45#, A46B, A62B, B42#, B43#, D04D, D07#, G10B, G10C, G10D, G10F, G10G, G10H, G10K, B44#, B68#, D06F, D06N, F25D, A99Z
35	Civil engineering
	E02#, E01B, E01C, E01D, E01F-001, E01F-003, E01F-005, E01F-007, E01F-009, E01F-01#, E01H, E03#, E04#, E05#, E06#, E21#, E99Z

Page blanche

A8 Carte de spécialisation en nanotech à partir des codes Y

Carte 39 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Biotechnologie (Y01N 2)



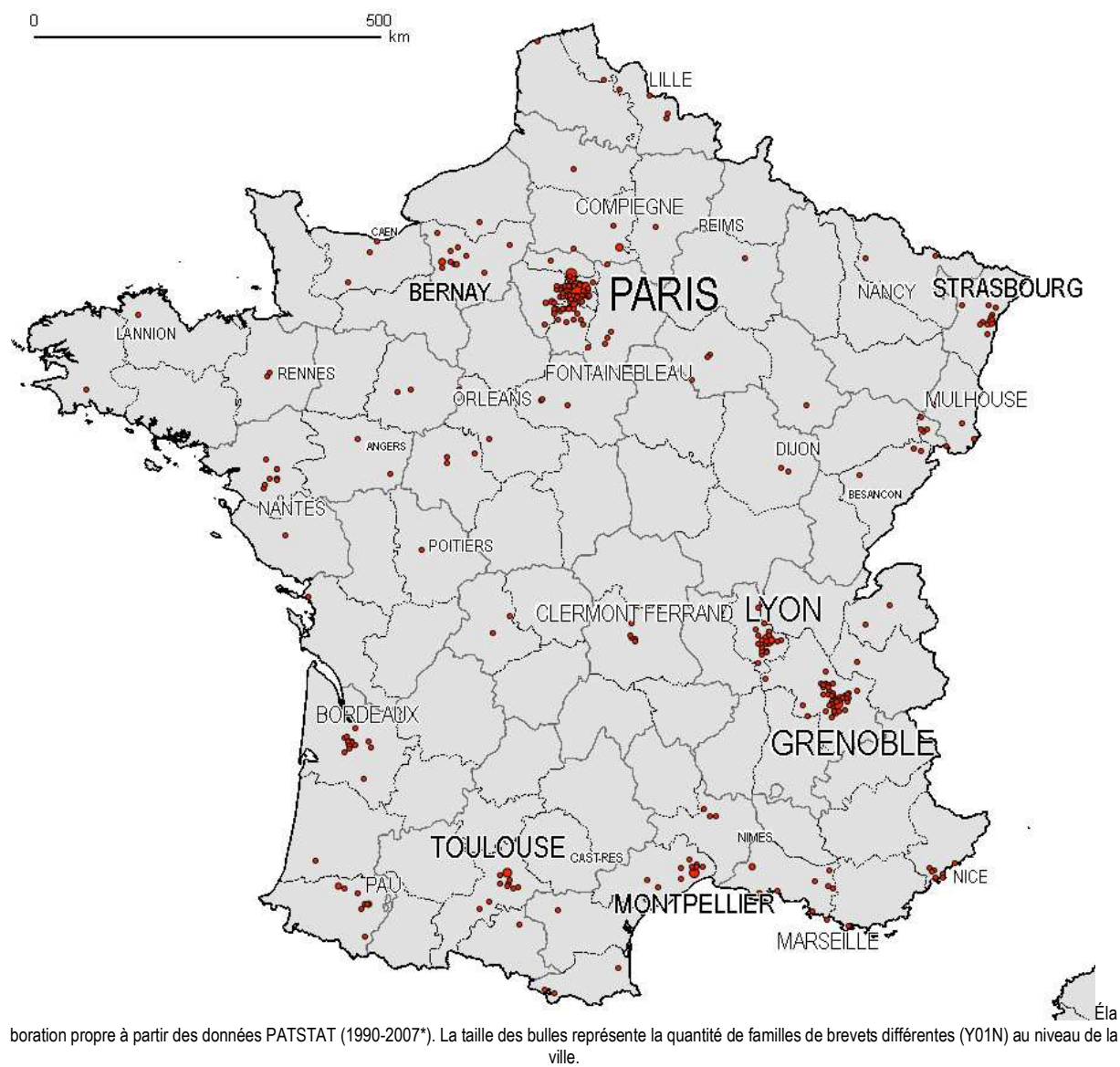
Information propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*). La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville.

Carte 40 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-TICs (Y01N 4)



La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville.

Carte 41 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Matériaux (Y01N 6)



Carte 42 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Senseurs (Y01N 8)



Information propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*). La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville.

Carte 43 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Optique (Y01N 10)



Information propre à partir des données PATSTAT (1990-2007*). La taille des bulles représente la quantité de familles de brevets différentes (Y01N) au niveau de la ville.

Carte 44 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Magnétisme (Y01N 12)

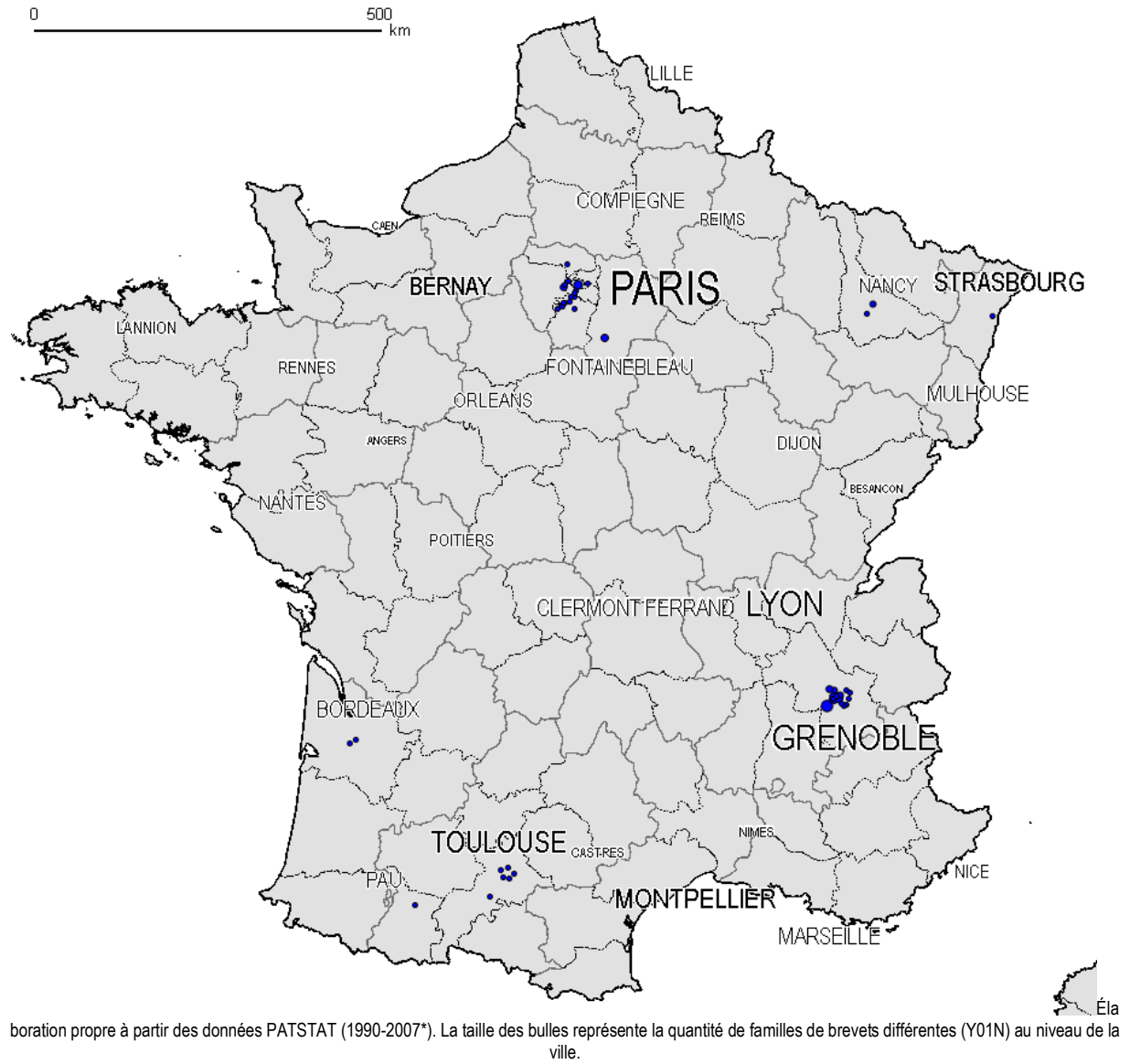


Table des matières détaillée

RÉSUMÉ	3
SOMMAIRE	7
INTRODUCTION	9
LA NANOSCIENCE FRANCAISE : ACTEURS ET RESEAUX	15
Méthodologie pour identifier les réseaux scientifiques	19
<i>Les sources de données sur les acteurs</i>	19
Les données potentielles	19
Les données utilisées.....	20
<i>La circonscription du champ scientifique</i>	23
Les acteurs de la nanoscience en France.....	27
<i>La localisation des acteurs de la nanoscience française</i>	27
Villes et cartographie des acteurs de la nano-science française	27
Les clusters géographiques de la nanoscience française.....	38
<i>La spécialisation des clusters de la nanoscience française</i>	43
<i>Les entreprises de la nanoscience française et leur place</i>	46
Les réseaux de la nanoscience française	53
<i>Les réseaux nationaux</i>	53
<i>Les réseaux internationaux de la nanoscience</i>	57
<i>Les réseaux scientifiques des entreprises de la nanoscience</i>	60
LA NANOTECHNOLOGIE : ACTEURS ET RESEAUX.....	71
Méthodologie pour identifier des réseaux technologiques	75
Les acteurs de la nanotechnologie française	79
<i>La localisation des inventions et son adéquation aux lieux de production de la nanoscience</i>	79
<i>La spécialisation nanotech et son adéquation à la nanoscience</i>	87
<i>Les brevets académiques</i>	94
<i>Le potentiel de la nanotech française</i>	98
Les réseaux de la nanotechnologie	101
<i>Les réseaux des clusters de nanotechnologie</i>	101
<i>Réseaux nanotech et OPR</i>	107
<i>Réseau nanotech triadique</i>	111
ANALYSE STRATEGIQUE	113
Synthèse des résultats	113
<i>La nanoscience</i>	113
<i>La nanotech</i>	115
Mise en perspectives	118
<i>Sur les politiques nano « régionalisées »</i>	118
<i>Les politiques de réseaux</i>	121

<i>Les politiques de spécialisation</i>	122
CONCLUSION.....	125
BIBLIOGRAPHIE.....	129
ANNEXES METHODOLOGIQUES	133
A1 La base Telelab	133
A2 Une méthode reproductible	135
<i>Les étapes à suivre</i>	135
Les limites de la méthode employée.....	140
A3 Les requêtes utilisées	143
<i>Les requêtes lexicales</i>	143
Braun et al (1997)	143
Meyer et al (2001).....	143
Huang et al (2003)	143
Glanzel et al (2003).....	143
Noyons et al (2003) - CWTS	144
Noyons et al (2003) - ISIF	145
Without IPC codes	145
With IPC codes	146
Kostoff et al (2006a,b)	146
Mogoutov et Kahane (2007)	147
Porter et al (2008)	150
<i>Les requêtes nano-journaux</i>	151
Braun et al (2007)	151
Leydesdorff et Zhou (2007)	151
Porter et al (2008)	152
Schummer (2004).....	153
<i>La requête globale</i>	154
A4 La robustesse des requêtes	157
<i>Les requêtes lexicales</i>	157
<i>Les requêtes sur nano-journaux</i>	158
A5 Cartes complémentaires de la nanoscience française	159
A6 Les brevets nano selon la nomenclature Y de l'EPO.....	169
A7 Table de passage WIPO entre codes IPC- technologie.....	171
A8 Carte de spécialisation en nanotech à partir des codes Y	173
Table des matières détaillée	179
Table des figures	181
Table des tableaux.....	183
Table des cartes.....	185
Les auteurs	187
Remerciements.....	188

Table des figures

Graphique 1 - Contributions mondiales aux citations dans douze journaux clés de la nanoscience et la nanotechnologie (%), par pays.....	10
Graphique 2 : Nombres d'organismes nanotech par pays (Gauche) et par type d'organisation (Droite). Nombre total 1198 (Gauche) et 1050 (Droite) respectivement. Souce Cientifica, 2003.	11
Graphique 3: Répartitions des financements nanotechs par type de sources.....	12
Graphique 4: Evolution des financements nanotechs par type de sources.	13
Graphique 5: La répartition disciplinaire des publications en nanosciences	18
Graphique 6 - Nombres d'articles Scientifiques Français dans le domaine de la nanoscience, par définition et par année (1980-2008).....	25
Graphique 7 – Nombres d'articles Scientifiques Français dans le domaine de la nanoscience, par définition et par année (1980-2008).....	25
Graphique 8- La surface des clusters géographiques de la nanoscience d'après les adresses des articles appartenants au cluster.	40
Graphique 9 : Les spécialisations des clusters géographiques de la nanoscience et leur dynamique.....	46
Graphique 10- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.	54
Graphique 11- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues, Détail sur Île-de-France.....	55
Graphique 12- Réseau inter-villes des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues, Rhône-Alpes.....	56
Graphique 13- Réseau inter-cluster et international en nombre de copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.....	58
Graphique 14- Réseau inter-cluster et international en intensité des copublications en nanosciences, toutes les requêtes confondues.....	59
Graphique 15 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience a dominante industrielle, toute requêtes confondues.....	61
Graphique 16 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience a dominante industrielle, toute requêtes confondues. Détail Rhône-Alpes.....	64
Graphique 17 – Réseaux de copublications de firmes appartenant aux villes de la nanoscience a dominante industrielle, toute requêtes confondues. Détail Île-de-France.....	65
Graphique 18- Réseau inter-cluster et international des copublications en nanoscience industrielle, toutes les requêtes confondues.....	67
Graphique 19- Réseau inter-cluster et international en parts de copublications industrielles en nanoscience, toutes les requêtes confondues.	68
Graphique 20: Distribution des sous-classes des brevets Y01N de l'EPO en 2006.....	74
Graphique 21 - Familles des brevets déposés par des Français dans le domaine de la Nanotechnologie par définition employée et par année.....	77
Graphique 22 : Articles et inventions, par cluster.....	84
Graphique 23 : Spécialisation et son évolution de la nanotech française comparée avec les	

principaux acteurs internationaux, 1991-1997 et 1998-2004.	87
Graphique 24 : Spécialisation des principaux clusters de la nanotechnologie et leur évolution ..	90
Graphique 25 : Dépense de R&D des entreprises dans trois domaines répartis par branches de recherche en 2007, France entière	93
Graphique 26 : Corrélation entre nanoscience industrielle et nanotechnologie académique	96
Graphique 27 : Poids de la nanoscience industrielle et de la nanotechnologie académique, par cluster	97
Graphique 28 : Poids de la nanoscience industrielle et de la nanotechnologie académique, par cluster	99
Graphique 29 : Réseau inter-clusters des coinventions en nanotech, toutes requêtes confondues	102
Graphique 30 : Part des coinventions internationales et intraclusters en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues	104
Graphique 31 : Réseau international des coinventions en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues (Quantités)	105
Graphique 32 : Réseau international des coinventions en nanotech, par clusters, toutes requêtes confondues (Intensité).....	106
Graphique 33 : Réseau inter clusters des coinventions académiques et non académiques en nanotech, par cluster, toutes requêtes confondues	109
Graphique 34 : Réseau international et inter clusters des coinventions académiques et non académiques en nanotech, par cluster, toutes requêtes confondues.....	110
Graphique 35 : Codépôts Triadiques et non Triadiques nationaux et internationaux, par clusters, toutes requêtes confondues	112

Table des tableaux

Table 1 : Dépenses de R&D des entreprises dans trois domaines réparties par branches de recherche en 2007	11
Table 2: Répartition des financements publics nanotechs, par type d'organisme, en 2005, en millions d'euros	12
Table 3- Résumé des définitions pratiques du domaine de la nanoscience et de la nanotechnologie	22
Table 4 – Articles qui appliquent les différentes définitions pratiques de nanoscience	23
Table 5 - Intersection d'articles scientifiques récupérés par paire de définitions de la nanoscience utilisées (SCOPUS 1996-2009) (Fréquences)	26
Table 6 - Intersection de articles scientifiques récupérées par paire de définitions de la nanoscience utilisées (SCOPUS 1996-2009) (% de Ligne \cap Colonne / Ligne).....	26
Table 7 - Importance des clusters géographiques de la nanoscience, par période.....	38
Table 8 – Répartitions des articles scientifiques en nanosciences des villes du Top 50 pour les trois principaux clusters, par période, toutes requêtes confondues.....	41
Table 9 - La répartition par disciplines des articles français de nanosciences, par période	44
Table 10 - La répartition par disciplines des articles français de nanosciences, par période et par cluster géographique (1991-2008)	45
Table 11 – Part des publications de nanosciences faites par les firmes, par cluster géographique (1997-2008).....	51
Table 12 - Publications de nanosciences faites par les firmes, par ville pour les principaux clusters géographiques, par période.....	52
Table 13 – Le nombre de copublications nationales (intra et extracuster) et internationales en nanosciences, par cluster géographique (1997-2008).....	57
Table 14 : Internationalisation des publications en nanosciences, pour les principales villes de la nano-science, par type d'auteurs (1997-2008).....	66
Table 15 - Intersection de familles des brevets récupérées par paire de définitions de Nanotechnologie utilisées (PATSTAT 1990-2007) (Fréquences).....	76
Table 16 - Intersection de familles des brevets récupérées par paire de définitions de Nanotechnologie utilisées (PATSTAT 1990-2007) (% de Ligne \cap Colonne / Ligne).....	76
Table 17 : Répartition des inventions en nanotech par cluster, par période et en évolution (%) .	86
Table 18 : Répartition des inventions françaises par champs de la nanotechnologie, en évolution	88
Table 19 – Poids des Organismes Publics de Recherche (OPR) français dans la nanotech, par périodes.....	94
Table 20 – Participation des Organismes publics de Recherche (OPR) dans la nanotech, par période.....	95
Table 21 – Part des brevets triadiques en nanotech par cluster, évolution	100
Table 22 – Internationalisation des inventions en nanotech	103

Page blanche

Table des cartes

Carte 1 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes confondues	29
Carte 2- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la Province proche parisienne, toutes les requêtes confondues	30
Carte 3- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Île-de-France, toutes les requêtes confondues.....	31
Carte 4- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, toutes les requêtes confondues	32
Carte 5- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Sud-ouest, toutes les requêtes confondues.....	33
Carte 6- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, toutes les requêtes confondues	34
Carte 7- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, toutes les requêtes confondues	35
Carte 8- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, toutes les requêtes confondues	36
Carte 9- Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, toutes les requêtes confondues	37
Carte 10-Distribution géographique du nombre d'articles de nano-science, par cluster géographique.....	39
Carte 11- Distribution géographique du nombre de thèses soutenues en nanosciences, par centre académique (1991-2008).	42
Carte 12 - Distribution géographique des articles scientifiques en nanoscience signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues	48
Carte 13 - Distribution géographique des articles scientifiques en nanoscience signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues, Cluster Île-de-France	49
Carte 14 - Distribution géographique des articles scientifiques en nano-science signés par les entreprises, toutes les requêtes confondues, Clusters Rhône-Alpes.	50
Carte 15 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes confondues	80
Carte 16 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Île-de-France, toutes les requêtes confondues.....	81
Carte 17 - Nano-Clusters selon brevets dans le domaine de la Nanotechnologie	82
Carte 18 – Couverture géographique des clusters de nanotechnologie et de nanoscience, toutes les requêtes confondues	83
Carte 19 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, toutes les requêtes lexiques confondues	159
Carte 20 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie, publiés dans des Nano-journaux.....	160
Carte 21 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, toutes les requêtes lexiques confondues	161
Carte 22 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la	

Nanotechnologie de la Proche Province Parisienne, toutes les requêtes lexiques confondues ..	161
Carte 23 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la Proche Province Parisienne, publiés dans des Nano-journaux	162
Carte 24 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, publiés dans des Nano-journaux	162
Carte 25 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, toutes les requêtes lexiques confondues	163
Carte 26 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Rhône-Alpes, publiés dans des Nano-journaux.....	163
Carte 27 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Sud-ouest, toutes les requêtes lexiques confondues	164
Carte 28 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Sud-Ouest, publiés dans des Nano-journaux	164
Carte 29 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, toutes les requêtes lexiques confondues	165
Carte 30 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Est, publiés dans des Nano-journaux	165
Carte 31 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, toutes les requêtes lexiques confondues	166
Carte 32 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Nord, publiés dans des Nano-journaux.....	166
Carte 33 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, toutes les requêtes lexiques confondues.....	167
Carte 34 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région Ouest, publiés dans des Nano-journaux.....	167
Carte 35 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, toutes les requêtes lexiques confondues.....	168
Carte 36 - Distribution géographique des articles scientifiques dans le domaine de la Nanotechnologie de la région PACA, publiés dans des Nano-journaux	168
Carte 37 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie, (requête Y01N)	169
Carte 38 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nanotechnologie de l'Ile-de-France, (requête Y01N)	170
Carte 39 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Biotechnologie (Y01N 2).....	173
Carte 40 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-TICs (Y01N 4)	174
Carte 41 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Matériaux (Y01N 6).....	175
Carte 42 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Senseurs (Y01N 8)	176
Carte 43 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Optique (Y01N 10)	177
Carte 44 - Distribution géographique des brevets dans le domaine de la Nano-Magnétisme (Y01N 12).....	178

Les auteurs

Dominique FORAY

Prof. Dominique Foray est directeur de la «Chaire en Économie et Management de l'Innovation», ainsi que le directeur du Collège du Management de la Technologie à l'EPFL. Il est actuellement membre et vice-président du groupe d'experts «Knowledge for Growth», un groupe d'économistes de premier plan créé par le Commissaire J. Potočnik (DG Recherche de la Commission européenne). M. Dominique Foray a publié de nombreux ouvrages dans le domaine de l'économie de l'innovation et la politique économique dans la nouvelle économie du savoir. En tant que chercheur de référence dans ce domaine, il a contribué à la littérature croissante sur la centralité de brevets et autres droits de propriété intellectuelle dans le processus de changement technologique et la croissance économique. Il a également entrepris une enquête approfondie sur des sujets tels que l'hétérogénéité des institutions nationales de brevet, la gestion stratégique des droits de propriété intellectuelle au niveau de l'entreprise et l'économie de l'accès aux connaissances et open source. Parmi les autres activités institutionnelles, le Professeur Dominique Foray a été l'initiateur de EPIP - Politique européenne et la propriété intellectuelle - un réseau d'excellence d'économistes européens financés par la Commission européenne de 2001 à 2005. L'association EPIP a été créée à la fin de cette période; Dominique Foray en est actuellement le président.

Stéphane LHUILLERY

Dr Stéphane Lhuillery CEMI est chercheur associé au sein de la «Chaire en Economie et Management de l'Innovation» qu'il a rejointe en 2005 après avoir été professeur à l'université de Paris Nord. Il a par ailleurs travaillé pendant plusieurs années pour le Ministère de la recherche français (service statistique) ou pour Oséo. Stéphane Lhuillery est spécialisé en économétrie de l'innovation. Dans ce domaine, l'organisation de la R&D industrielle, les flux de connaissances scientifiques et technologiques, les problèmes de mesure et les politiques publiques constituent ses principaux centres d'intérêts.

Julio RAFFO

Dr Julio Raffo est postdoc à l'EPFL. Julio Raffo est titulaire d'une thèse et d'un master en organisation industrielle de l'Université de Paris Nord, ainsi que d'un diplôme de premier cycle en économie de l'Université de Buenos Aires. Il a également travaillé à l'élaboration et la collecte d'indicateurs R & D pour l'Amérique latine dans le RICYT réseau international. Depuis février 2007 Julio Raffo participe activement aux activités de recherche du CEMI. Il est particulièrement impliqué dans la gestion et le développement de la base de données Patstat OEB du CEMI et se consacre notamment à l'étude des phénomènes d'innovation dans les pays en développement.

Remerciements

Nos remerciements à Gregory Favre de l'EPFL et au service SIES du MESR pour leur aide sur les données. Nos remerciements aussi à Patrick Alnot, André de Lustrac, Frédérique Sachwald pour leurs commentaires. Les erreurs restent nôtres.