

"La construction d'une Europe de la recherche et ses effets sur les relations scientifiques transatlantiques"

Philippe Larédo et Lionel Villard

Présentation au colloque de la Fondation Jean Monnet, 'quelles solidarités euro-américaines dans un monde multipolaire, Lausanne, 4-5 octobre 2013, en publication dans les cahiers de la Fondation Jean Monnet.

Dans les discours sur la science, les coopérations transatlantiques occupent une place importante depuis la deuxième guerre mondiale. Elles ont été souvent considérées sous deux angles : celui du rattrapage et celui de la formation. Les jeunes chercheurs vont aux Etats-Unis pour apprendre les nouvelles techniques (voire théories), pour accéder aux équipements de pointe ou pour se former, l'attrait du post-doctorat américain étant dans un certain nombre de disciplines assez fort.

Ces visions diffèrent suivant les domaines, mais ce qui nous a frappé dans les relectures effectuées pour cette conférence, reste leur très grande stabilité sans que soient pris en compte deux phénomènes centraux :

- d'une part les quelques 60 ans de construction européenne, dans laquelle la science a souvent joué un rôle pilote ;
- et d'autre part l'évolution très forte des domaines scientifiques qui catalysent la croissance des activités scientifiques.

Cette présentation se centre sur le domaine actuel qui catalyse la croissance des publications scientifiques, les nano sciences et technologies, pour poser la question de la place des relations transatlantiques dans les dynamiques à l'œuvre.

On prendra comme point de départ une hypothèse optimiste, à savoir que l'Europe de la science est déjà une réalité qui a certes besoin d'être approfondie, mais probablement pas autant que les discours le présentent souvent.

Les constructeurs de l'Europe avaient dès la fin des années 60 défini leur vision d'une Europe intégrée de la Science. Dans un texte récent (Larédo, 2011), l'un des auteurs a montré que la réalisation de cette vision s'est agencée autour de quatre dimensions dont trois ont été effectivement mises en œuvre dans la décennie précédente qui est pourtant souvent considérée comme une décennie de stagnation de l'intégration européenne.

La construction d'un espace partagé pour le traitement des grands défis technologiques et sociétaux a été portée par le programme cadre et son mode dominante d'action, le soutien sur projets. Un de ses effets a été la croissance exponentielle de liens durables entre équipes académiques de tous les pays européens (Heller-Schuh et al., 2010).

La mise en place d'une coordination effective dans la construction des infrastructures de recherche (au delà des déjà nombreuses constructions intergouvernementales de l'après guerre) est un pur fruit des années 2000 avec le succès non attendu du forum européen ESFRI et de ses 'feuilles de route'.

La réalisation d'une véritable agence européenne de financement de la recherche académique a pris 3 décennies et il a fallu attendre l'échec patent de l'ESF pour qu'enfin puisse naître le conseil européen de la recherche (ERC, voir Nedeva 2013 sur ce point) avec des budgets significatifs et des pratiques en phase avec les dynamiques de la recherche académique

Ce bouclage a été complété par l'explosion dans les années 2000, des liens programmatiques entre agences de financement européennes, largement incité par les initiatives européennes, et notamment les ERA Nets (Lepori et al., 2014).

On peut même parier qu'un véritable bouclage institutionnel sera opéré pendant cette décennie avec la libre circulation des compétences, d'une part en systématisant une mobilité (que les programmes européens continuent de traiter sur un mode élitiste) et en résolvant les questions institutionnelles qui continuent de la freiner (notamment le traitement des retraites).

Peut-on, dès lors, penser que cette construction reste sans effet sur le tissu des collaborations scientifiques et les logiques qui l'animent. Nous ne le pensons pas et allons tenter de montrer que la construction européenne a pour effet de conduire l'Europe en tant que telle dans une position autocentrée équivalente à celle des Etats-Unis pour lesquels les relations transatlantiques ou transpacifiques restent secondaires.

Pour cela il faut entrer un peu plus avant dans les dynamiques de la science elles-mêmes. Dans un autre texte effectué à la demande de notre collègue Jean Philippe Leresche pour son ouvrage sur l'internationalisation des systèmes de recherche (Larédo 2009), nous avons suggéré, dans la foulée des travaux de Andréa Bonaccorsi sur les 'régimes de recherche' (2008), que la croissance des activités scientifiques est portée par des vagues successives qui concentrent pendant chaque période le cœur de la croissance observée des productions scientifiques : la physique des particules après guerre, les technologies de l'information et de la communication dans les années 70 et 80, la révolution du gène et des biotechnologies dans les années 70 à 90, et depuis les années 90, les nano sciences et technologies. Nous avons parlé de sciences dominantes pour qualifier chacune de ces vagues et avons montré qu'elles exhibent chacune des caractéristiques différentes quant à leurs conditions de production et à leurs implications organisationnelles et institutionnelles. En quelque sorte, chaque période rebat les cartes des écologies favorables à la croissance scientifique contribuant à modifier les conditions qui rendent les différents espaces attractifs et avec elles progressivement la géographie des relations entre espaces.

Pour analyser les relations euro-américaines en acte, nous proposons donc d'analyser ce qui se passe dans l'univers des nanosciences et technologies, qui a vécu une croissance exponentielle des publications mondiales (+15% par an sur plus d'une décennie) et représente aujourd'hui environ le dixième des publications scientifiques mondiales toutes disciplines confondues.

Figure 1 ici

On ne reviendra pas ici sur les développements conceptuels et techniques qui ont été nécessaires pour 'cadre' cette réalité tant en matière de science que de technologies (cf. Kahane et al. 2007 et Delemarle et al. 2009). Ils nous ont permis de construire une base mondiale des publications avec quelque 1,2 millions de publications depuis 1990, complétée par une base parallèle des brevets. Leur traitement a permis de mettre en exergue cinq caractéristiques centrales, dont la cinquième concerne l'importance centrale des collaborations. Nous présentons brièvement les quatre premières avant de

centrer le regard sur les collaborations et en leur sein le rôle des relations transatlantiques.

Le premier élément a trait à l'équilibre des productions entre continents : l'Asie est devenu le plus important producteur, à quasi égalité avec l'Europe et assez loin devant l'Amérique du Nord (figure 2). Cela est dû à la croissance très rapide des productions chinoises, mais aussi de la Corée du Sud, de Taiwan et de Singapour (rassemblé dans le graphe 3 sous le titre de 'tigres'). Dans ce mouvement, on verra que la croissance de l'Inde a une caractéristique particulière, son extrême dispersion, et on peut voir que les autres BRICS – Russie, Brésil, et encore plus Afrique du Sud) restent en retrait. On peut discuter de l'apport de l'Asie qui serait dans une phase de rattrapage selon certains. Néanmoins si on s'intéresse aux 10% des articles les plus cités, la croissance observée est similaire à celle du nombre total d'articles¹.

Figures 2 et 3 ici

Le deuxième trait tient à la composition même des compétences qui sont mobilisées. Les nanosciences ne se concentrent pas sur une discipline ou un champ dominant, elles sont transversales aux classements disciplinaires classiques. Elles concernent tout autant la physique et les technologies de l'information que la chimie et les nouveaux matériaux ou les sciences de la vie –biotechnologies. La figure 4 souligne le rôle central joué par la chimie et les matériaux et ce poids s'est renforcé au fil des ans ; elle met également en exergue le fait que les biotechnologies restent encore secondaires avec un poids qui a peu évolué au fil des ans.

Figure 4

Une troisième dimension concerne l'extrême concentration des productions dont rend mal compte une approche par pays. Il faut une analyse plus fine des pôles (ou si on préfère des 'clusters') pour se rendre compte que 200 têtes d'épingles (souvent de moins de 50 km de côté) rassemblent plus de 80% des productions scientifiques. Cette répartition inégalitaire est vraie pour la science en général, mais on ne dispose pas vraiment d'analyses poussées. Pour ce faire, il faut un effort particulier pour 'géolocaliser' toutes les adresses. C'est l'analyse de ces pôles et de leurs collaborations qui permet d'aborder la question des relations euro-américaines dans les nanotechnologies.

Figure 5

Mais avant de le faire, nous voulons aborder le quatrième trait qui porte sur les relations entre activités scientifiques et activités inventives. Les nanotechnologies sont largement liées au développement de nouveaux produits industriels pour lesquels la protection par

¹ Pourquoi les 10% ? Pour le comprendre il faut adopter une logique de diffusion. Le top 1% des articles les plus cités représente les créateurs de nouveaux paradigmes ; ce sont en quelque sorte les 'grands parents' des nouveaux développements, mais pour que ceux-ci se déploient, il faut une strate spéciale de chercheurs qui construisent les voies pour opérationnaliser ces nouveaux paradigmes qu'ensuite le cœur des chercheurs professionnels vont optimiser de manière incrémentale : ce sont en quelque sorte les faiseurs des agendas de recherche, les passeurs qui permettent aux nouvelles approches de pénétrer la société. Ils jouent donc un rôle central dans la compétitivité technologique d'un pays.

les brevets joue un rôle déterminant. Suivre qui brevète permet donc de se faire une idée des lieux qui concentrent les efforts industriels. Une manière de le faire est de s'intéresser aux firmes les plus importantes en matière de R&D industrielle qui sont suivies par un institut de la Commission Européenne, l'IPTS avec son 'scoreboard' annuel. Ces quelques 2000 firmes représentent 80% de la R&D industrielle mondiale, elles fournissent donc un indicateur central, d'autant plus que les travaux académiques ont montré que très peu de 'start-up' deviendront les grandes firmes de demain, elles seront pour la plupart rachetées par les grandes firmes actuelles qui se recombinaient entre elles.

Lors de la 'révolution' de la physique, on avait assisté à la montée de très grandes firmes d'équipements industriels lourds qui forment un secteur particulier ; les technologies de l'information ont généré l'émergence d'un grand nombre de firmes formant une industrie particulière très tournée autour des équipements de masse (matériels et intangibles, les ordinateurs et les logiciels) ; de même les biotechnologies concernent presque exclusivement deux industries : les agro-industries et la pharmacie, avec un cycle maintenant clairement établi de rachat quasi systématique des start-up qui réussissent par les grandes firmes pharmaceutiques.

Qu'en est-il des nanotechnologies ? Nous avons été extrêmement surpris de voir que la plupart des grandes firmes, quel que soit leur secteur d'activités, détenaient des brevets nanotechnologiques, souvent en nombre important, même si elles ne parlent pas ou peu de ces activités dans leurs rapports annuels ou sur leur sites web (figure 6). Cela concerne tous les secteurs industriels comme le montre le traitement opéré sur les firmes du scoreboard. Cela nous a conduit à considérer qu'on était face à un nouveau genre de 'general purpose technology', dont l'effet n'est pas de créer un nouveau secteur industriel mais de transformer la manière dont les firmes innovent dans tous les secteurs en accroissant la performance de leurs produits (par exemple le taux de conversion des énergies primaires en électricité) ou en leur permettant d'ajouter à leurs produits des fonctionnalités jusqu'alors hors de portée (par exemple les verres 'water répulsifs' ou les verres structurels). Du coup se pose un problème important pour les politiques : comment combiner un usage par tous les secteurs industriels (donc largement réparti dans le pays) et une concentration forte des productions scientifiques sur quelques pôles ?

Figure 6

Mieux comprendre la géographie mondiale des pôles de nano science et/ou technologie devient dès lors central. La grille d'analyse que nous proposons revient sur les trois points mentionnés ci-dessus avant d'aborder plus en détail le rôle des collaborations dans cette dynamique. Ces trois points mettent en exergue un nouveau phénomène de concentration au sein même des pôles.

Le premier phénomène de concentration tient à la capacité de production des pôles que nous suivons à travers leur taille et leur rythme de croissance. 10 pôles concentrent le quart des productions et les premiers 20% plus de la moitié. Il y a donc une forte inégalité de potentiel dont on verra qu'elle joue un rôle central dans l'organisation des relations.

La deuxième forme de hiérarchisation tient à la capacité d'impulsion de nouvelles directions scientifiques. La science de frontière se définit largement par la possibilité de

recombinaison des savoirs d'origine différente (la célèbre interdisciplinarité). Pour les nanosciences cela veut dire promouvoir des recombinaisons inhabituelles. Ces recombinaisons inhabituelles sont difficiles à anticiper et sont donc largement favorisées par la coprésence des chercheurs et les multiples échanges informels et non programmés qu'elle permet. Le potentiel d'un pôle serait donc d'autant plus grand qu'il rassemble un nombre suffisant de chercheurs 'innovants' des trois grands domaines. De fait moins d'un cinquième des pôles (34 exactement) peuvent être considérés comme ayant une taille critique dans chacun des trois domaines (ou au moins dans deux des trois domaines, avec une présence dans le troisième). Ces pôles se situent pour moitié en Europe (17) et se répartissent également entre les Etats-Unis et l'Asie pour l'autre moitié.

Le troisième facteur qui manifeste cette double concentration tient à l'articulation entre sciences et techniques. De nombreux travaux ont montré qu'il était très difficile aux acteurs économiques de maîtriser des nouveaux savoirs non conventionnels (et donc disruptifs) sans avoir été impliqués dans leur construction, d'où la montée exponentielle des projets collaboratifs entre recherche publique et industrie. Certes on peut recruter ces savoirs, mais la forme la plus prometteuse c'est encore une fois la co-localisation, et c'est bien ce dont rend compte la théorie sur la globalisation des firmes quand elle parle de 'home base augmenting strategies' (Kuemmerle 1999). Cette coprésence nous l'appréhendons à travers la localisation des auteurs et des inventeurs des firmes engagées dans les nanotechnologies. L'image est alors exactement inversée : nous avons toujours 34 pôles très engagés mais la moitié est cette fois aux Etats-Unis (16) pendant que l'autre moitié se partage également entre l'Asie (exclusivement le Japon et la Corée du Sud) et l'Europe (9 chacun).

Ces trois facteurs de concentration et de hiérarchisation des pôles jouent, on va le voir, un rôle important dans la structuration des collaborations. Les travaux de A. Bonaccorsi sur les régimes de recherche montrent qu'alors que dans la physique l'alignement des acteurs et des connaissances était construit par les grandes installations, il n'en est plus de même dans les nouvelles sciences où ce qui prime tient dans la capacité des chercheurs à aller chercher ailleurs les compétences complémentaires dont ils ont besoin. C'est ce que nous avons appelé les complémentarités institutionnelles – entre chercheurs académiques aux compétences différentes, entre chercheurs fondamentalistes et cliniciens dans les biotechnologies, entre chercheurs académiques et chercheurs industriels dans les nanotechnologies. Elles se manifestent par la présence de chercheurs de plusieurs institutions différentes dans les articles produits. Un chiffre simple rend compte de leur importance pour les nanosciences : plus de 70% des articles sont le fruit d'une coopération entre au moins 2 organisations, et plus de 40% de ces collaborations sont le fait de chercheurs situés dans des pôles différents. Les collaborations entre pôles occupent donc une place centrale et nous permettent de rendre compte des rôles respectifs des différents espaces de coopération : au sein de son pays, de son continent, entre continents.

A première vue nous faisons face à une géographie très complexe puisqu'en moyenne chaque pôle génère 2 coopérations bilatérales par an avec 132 autres pôles. Dès qu'on entre dans une analyse plus fine en se centrant sur les coopérations fortes (avec un seuil modeste : 10 articles en commun entre chercheurs de deux pôles par an), toute autre est l'image générée. On n'a plus que 320 coopérations bilatérales fortes qui donnent une image nouvelle de la manière dont s'organise la production à l'échelle mondiale.

Voilà une carte du monde qui propose une vision d'ensemble de ces 320 liens forts. Comme le montre la figure 7, pour bien séparer les continents et leurs liens, il faut déplacer le regard classique et opérer un centrage à partir des deux pôles (nord et sud). Premier constat, la carte met en exergue les liens intercontinentaux pourtant ils ne représentent que 7% du total, alors que les liens intracontinentaux en forment 25% et les liens nationaux pèsent près de 70% du total.

Figure 7

Ces données générales rendent mal compte des dynamiques à l'œuvre. Pour en rendre compte nous avons effectué une analyse par continent.

Les Etats-Unis comptent 50 pôles, dont la localisation ne fournit pas de surprises majeures, tout au plus quelques variations moins attendues avec l'importance relative de pôles comme Raleigh, Phoenix ou Houston. Plus surprenante est la manière dont ces 50 pôles collaborent entre eux. Toutes les relations fortes sont drainées par 5 pôles qui d'une part coopèrent fortement entre eux et d'autre part se comportent comme le cœur d'étoiles relativement distinctes, avec Berkeley et Washington, puis dans une mesure moindre Boston, New-York et Los Angeles. Ensemble cela représente quelques 60 relations fortes qui sont complétées par quelques 17 relations intercontinentales, soit environ une relation forte sur cinq. Pour les Etats-Unis le reste du continent (Canada et Mexique) ne joue aucun rôle, pas plus que l'Amérique latine avec laquelle il n'y a aucune relation forte. Les relations intercontinentales ont fortement évolué au cours de la décennie, les relations avec l'Asie prenant de plus en plus d'importance (10 des 17 relations), faisant de l'Europe un partenaire mineur des collaborations des 5 grands pôles américains (à peine 10% des collaborations bilatérales importantes).

Figure 8

Les pays asiatiques comptent un nombre équivalent de pôles (49). Leur taille moyenne est quasiment double de celle de leurs homologues européens et américains (dont la taille moyenne est équivalente). Les collaborations nationales l'emportent largement sur les collaborations internationales : 77 contre 30 dont la moitié intra-asiatiques. Le poids des ouvertures intercontinentales est donc moindre qu'aux Etats-Unis : 15% contre 22%. Les degrés d'ouverture externe varient fortement entre pays de 0% pour Taiwan à 41% pour le Japon avec une position intermédiaire de la Chine et de la Corée du Sud (autour de 25%). Pour les collaborations intercontinentales, on retrouve la situation observée aux Etats-Unis : le poids des coopérations américano-asiatiques est double de celui des coopérations euro-asiatiques.

Figure 9

Toute autre est l'image de l'Europe dotée d'un nombre plus important de pôles (81) de taille équivalente à celle des pôles américains. Le premier intérêt de cette approche est de réintégrer des pôles que l'approche par pays tendrait à marginaliser comme Prague, Varsovie ou Madrid. Ensuite, la hiérarchie des pôles (au moins en termes de publications) n'est pas celle dont on parle habituellement dans la science (même s'ils sont importants ni Oxford, ni Cambridge ne dominent la production européenne). De

même, et c'est pour beaucoup une surprise, les pays nordiques restent très fermés sur eux-mêmes, les seules liaisons fortes observées concernant les pôles suédois entre eux. L'analyse des coopérations fournit une troisième surprise très forte. La carte met en exergue l'importance de 7 pôles – Paris et Grenoble en France, Berlin et Julich en Allemagne, Louvain en Belgique, Amsterdam aux Pays-Bas et Zurich en Suisse. Ils sont importants à la fois parce qu'ils drainent le cœur des relations dans leur propre pays, mais surtout parce qu'ils structurent plus de 4 liens intra-européens sur 5. Ces liens intra-européens sont quasiment aussi importants que les liens nationaux (66 et 81 respectivement) et pour ces 7 pôles, ils sont deux fois plus importants. Avec un ratio de plus de 80%, on est donc très loin de la situation américaine (pas de liens continentaux) ou asiatique où les liens intra-asiatiques représentent 13% du total des liens forts dans ce continent. Du coup les liens intercontinentaux pèsent d'un poids très faible : 20 liens sur un total de 168, soit 12%. Et parmi eux, la Russie (avec Moscou et St Petersburg) joue un rôle plus important que l'ensemble de l'Asie ou que les Etats-Unis.

Figure 10

Pour le dire autrement, les pôles cœur de la dynamique des nanotechnologies ont un comportement clair :

- Aux Etats-Unis, les coopérations nationales forment le cœur des relations inter-pôles (78%). Elles sont complétées dans un cas sur cinq par des relations intercontinentales : ces dernières sont 2 fois plus nombreuses avec l'Asie qu'avec l'Europe.
- En Asie les pôles cœur s'appuient également sur leurs espaces nationaux respectifs (72% des relations totales). Leur ouverture extranationale est donc légèrement plus forte que celle américaine (28 contre 22%) mais elle est pour moitié centrée sur l'Asie. Et on retrouve le même phénomène dans les liens intercontinentaux : les Etats-Unis comptent deux fois plus que l'Europe.
- En Europe, relations nationales et relations intra-européennes s'équivalent quasiment (48 et 40% respectivement). Cela diminue d'autant l'ouverture intercontinentale (12%) et, en son sein, la Russie occupe la première place (40% des relations) devant les Etats-Unis (35%) et l'Asie (25%).

En somme les relations euro-américaines pèsent moins que celles euro-russes et à peine plus que celles euro-asiatiques. Bien plus les laboratoires d'un pôle cœur vont chercher dix fois plus souvent les compétences complémentaires dont ils ont besoin auprès des autres pôles européens. Fait unique à la situation européenne et qui illustre bien le processus avancé d'intégration européenne dans la science, cela représente pour les pôles cœur du développement européen, une ressource deux fois plus importante que les autres pôles de leur propre pays.

Peut-on dans ce cadre parler de relations privilégiées ? Nous ne le pensons pas. Certes toutes les relations ne se valent pas, et on peut penser qu'il peut y avoir une différence de qualité. Mais les données sur la visibilité des publications ne détectent rien de semblable. Les publications intercontinentales de l'Europe ne sont pas plus visibles que les publications intra-européennes.

Il faut donc se résoudre à l'évidence. La dynamique européenne reproduit ce qu'on dit souvent de la science américaine : toutes deux sont largement autocentrées ; le temps où chaque pays européen allait satisfaire ses besoins de manière privilégiée aux Etats-Unis semble largement terminé. Cela ne veut pas dire qu'il y ait moins d'échanges, ni moins

de mobilité individuelle. Mais cela dit clairement que la première solution est avant tout Européenne et a engendré une croissance exponentielle des liens intra-européens.

Références

- Bonaccorsi, A., 2008, Search regimes and the industrial dynamics of science, *Minerva*, 46, 285-315.
- Delemarle A., Kahane B., Villard L. & Larédo P., 2009, Production in nanotechnologies: a flat world with many hills and mountains, *Nanotechnology Law and Business*, Spring 2009, 103-122.
- Heller-Schuh, B., Barber M.J., Henriques, L., Paier, M., Pontikakis, D., Scherngell, T., Veltri, G.A. and Weber, M. (2011): Analysis of Networks in European Framework Programmes (1984-2006), Sevilla, European Commission [ISBN: 9789279197147]
- Kahane B, Mogoutov A., 2007, Data search strategy for science and technology emergence: a scalable and evolutionary query for nanotechnology tracking, *Research Policy*, 36, 893-903
- Kuemmerle, W., 1999, The drivers of foreign direct investment into research and development: An empirical investigation, *Journal of International Business Studies*, 30, 1, 1-24
- Larédo P., 2011, L'Europe de la recherche et de l'innovation en transition, in *Futuris 2011, La recherche et l'innovation en France*, Editions Odile Jacob, Paris, 147-169.
- Larédo P., Delemarle A. & Kahane B., 2010, Dynamics of nanosciences and technologies: policy implications, *STI Policy review* 1, 43-62.
- Larédo P., 2009, La recherche européenne et les enjeux des nouvelles sciences dominantes, in J.P Leresche, K. Weber et P. Larédo (eds), *L'internationalisation des systèmes de recherche en action*, Presses polytechniques et universitaires romandes (PPUR), Lausanne, 27-50.
- Lepori B., Reale E., Larédo P., 2014, Logics of integration and actor's strategies in European Joint Programs (accepted, *Research Policy*)
- Nedeva M., (2013) 'Between the Global and the National: organising European science', in *Research Policy*, Vol. 42, Issue 1, February 213, p. 220-230

Figure 1 la croissance des publications scientifiques (1991-2010)

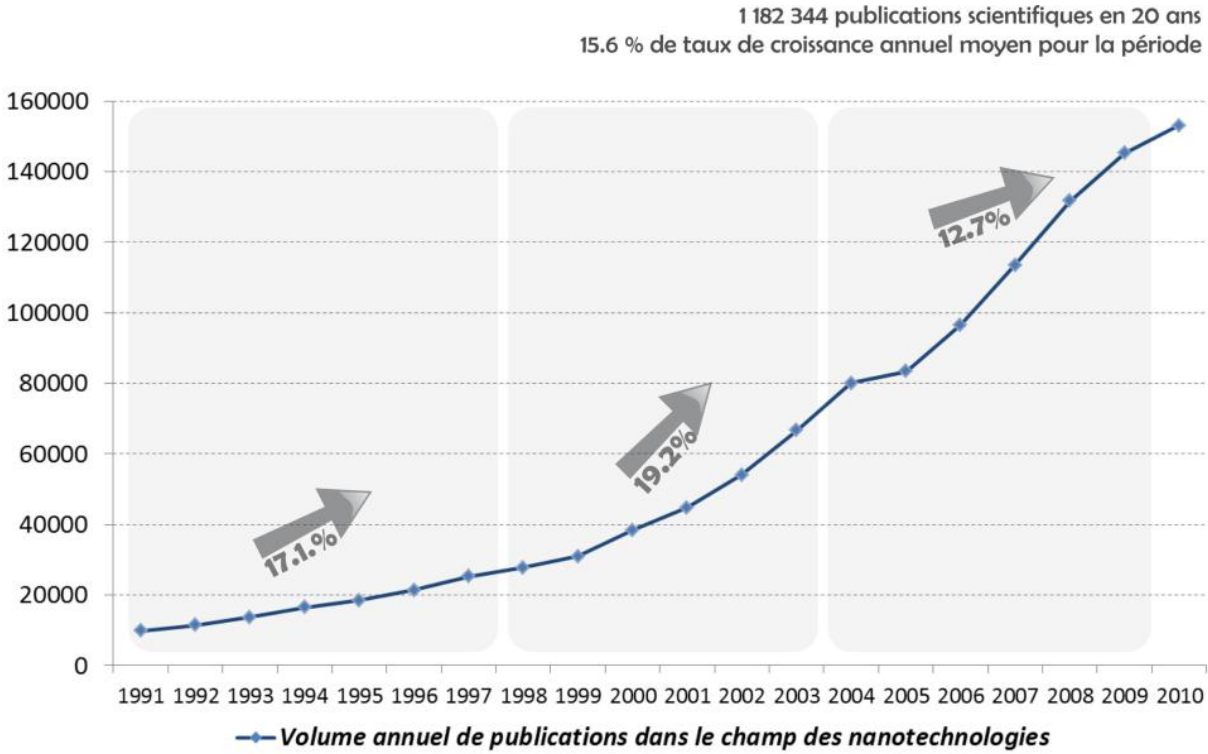


Figure 2 la répartition intercontinentale des publications (2000-2010)

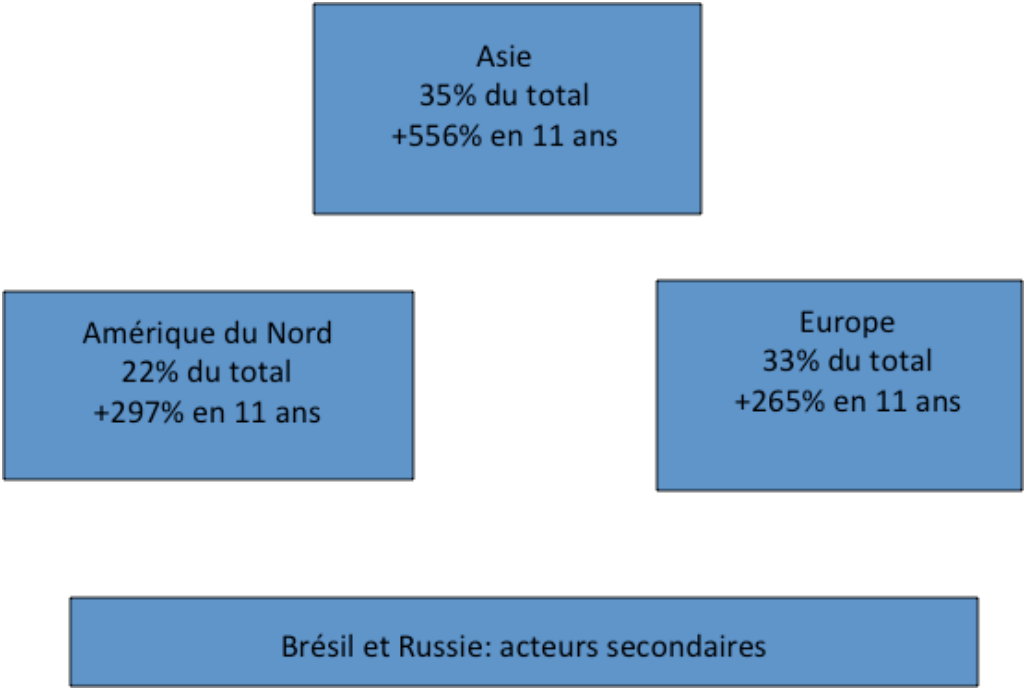


Figure 3 Les publications scientifiques des pays asiatiques

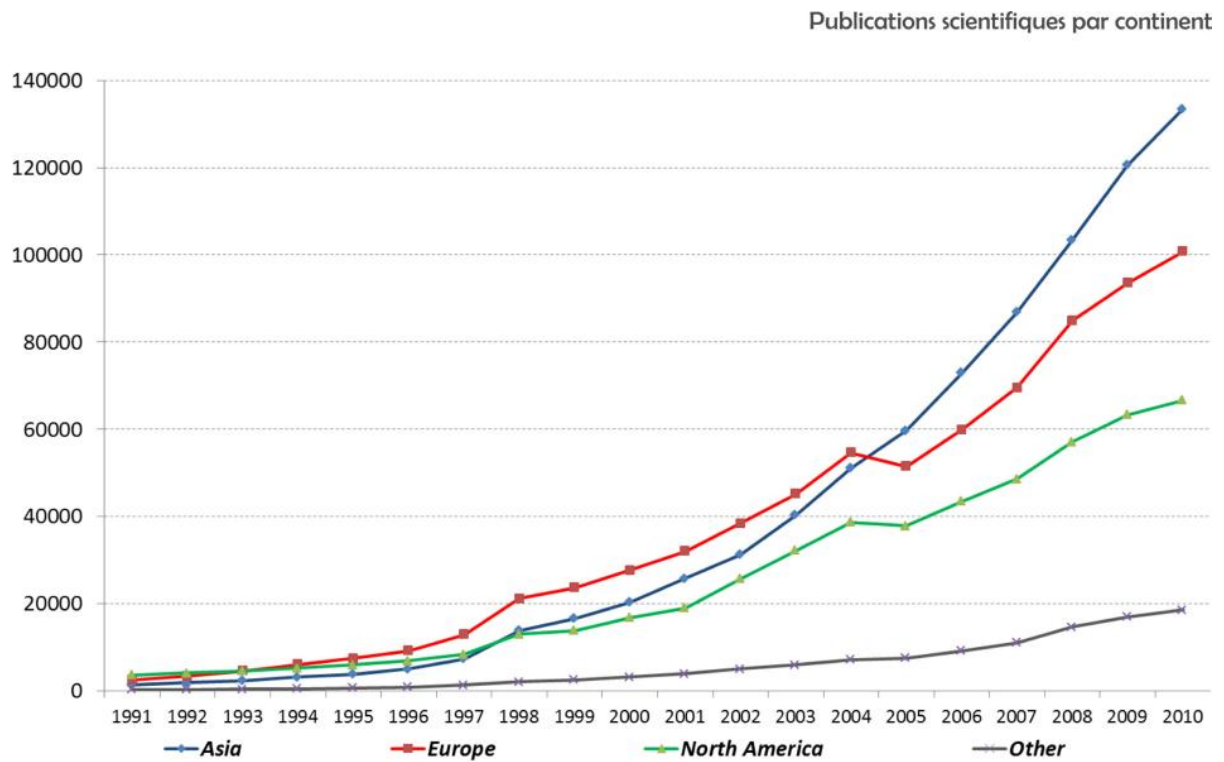


Figure 4 : 3 domaines principaux et un rôle central et sans cesse renforcé des matériaux et de la chimie (données 1998-2006)

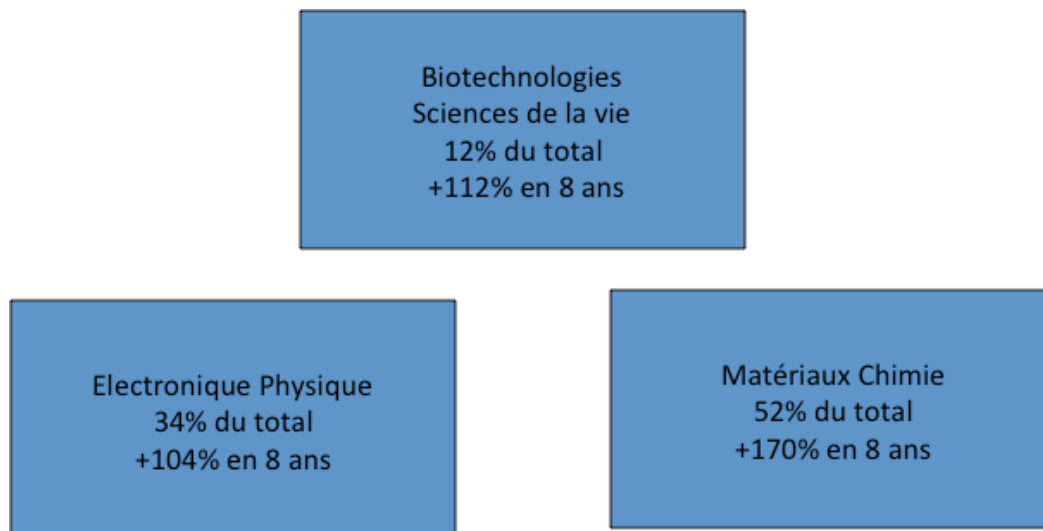


Figure 5 – Les 203 clusters mondiaux (production 1998-2006)

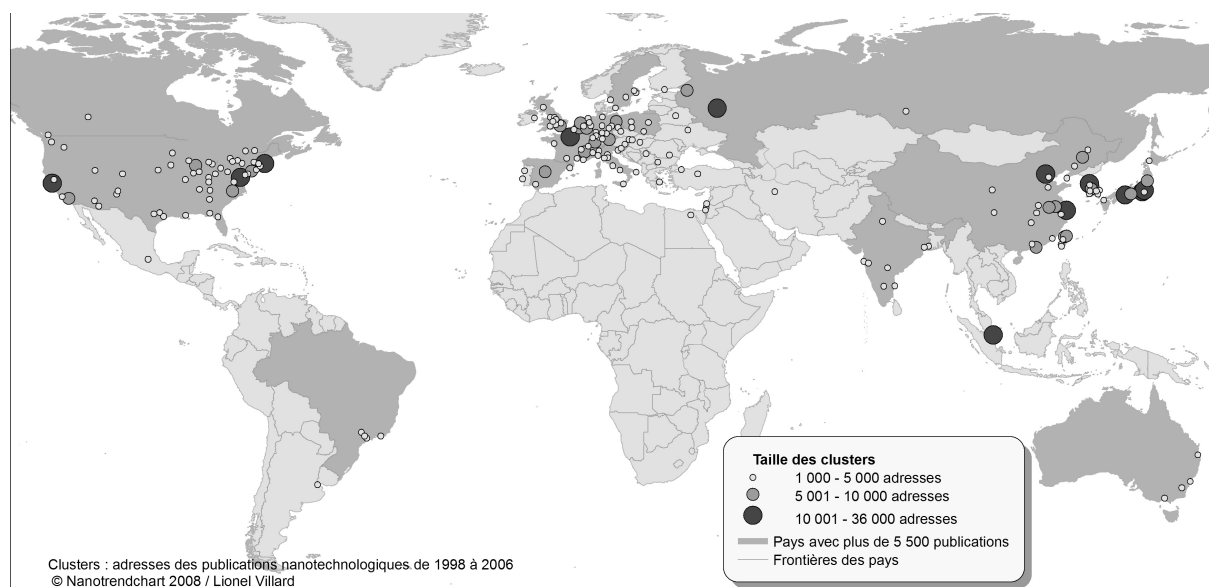


Figure 6 Des brevets dans tous les secteurs économiques

Note : pourcentage de firmes ayant des brevets nano dans les grandes firmes listées par le DTI scoreboard (1998-2006)

firmes du DTI scoreboard	total	nano	%
Electronic & electrical equipment	103	70	68%
Technology hardware & equipment	226	150	66%
Chemicals	96	84	88%
Pharmaceuticals & biotechnology	153	73	48%
Health care equipment & services	53	39	74%
Automobiles & transport	86	59	69%
Aerospace & defence	35	24	69%
Materials & construction	55	42	76%
Oil, Gas & Electricity	53	39	74%
Food producers inc. Beverages)	32	16	50%
General industrials	38	24	63%
Household & personal goods	40	21	53%
Industrial engineering	70	35	50%
Telecom & media	32	14	44%
Software & computer services	110	14	13%
banks, insurance, retail, leisure	49	6	12%
total	1231	710	58%

Figure 7 Les liens forts entre clusters

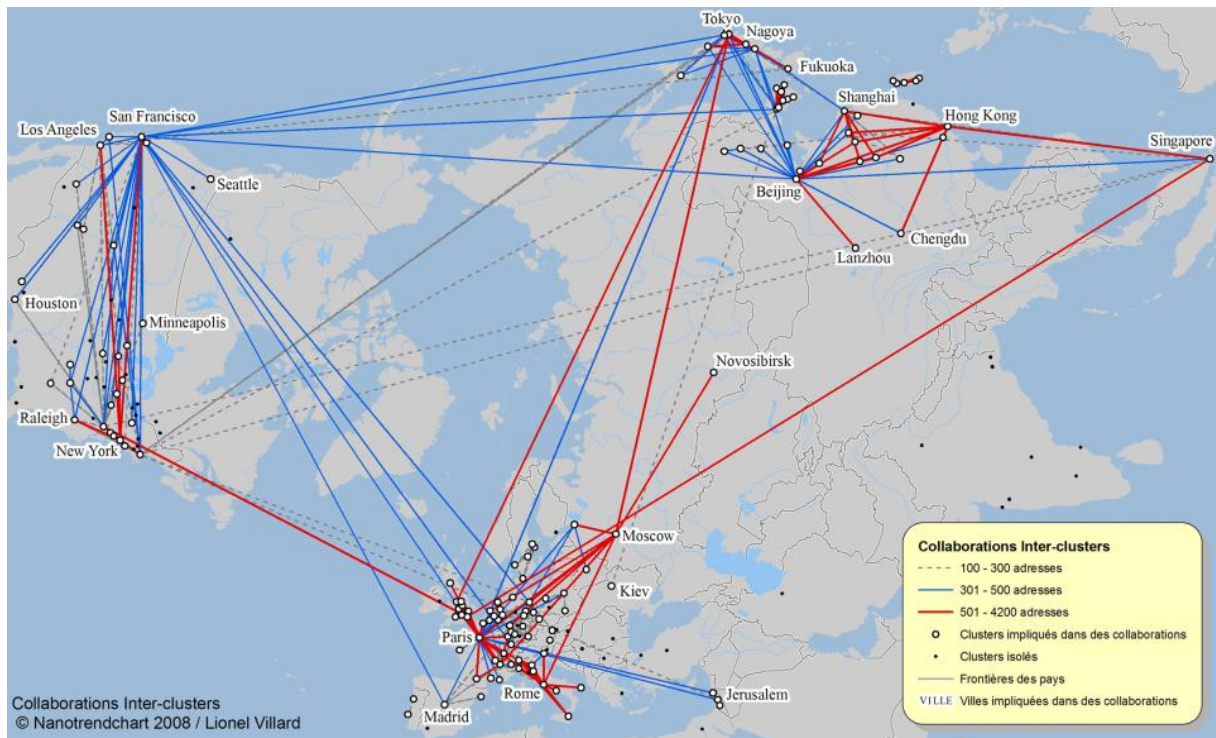


Figure 8 Les liens forts des clusters américains

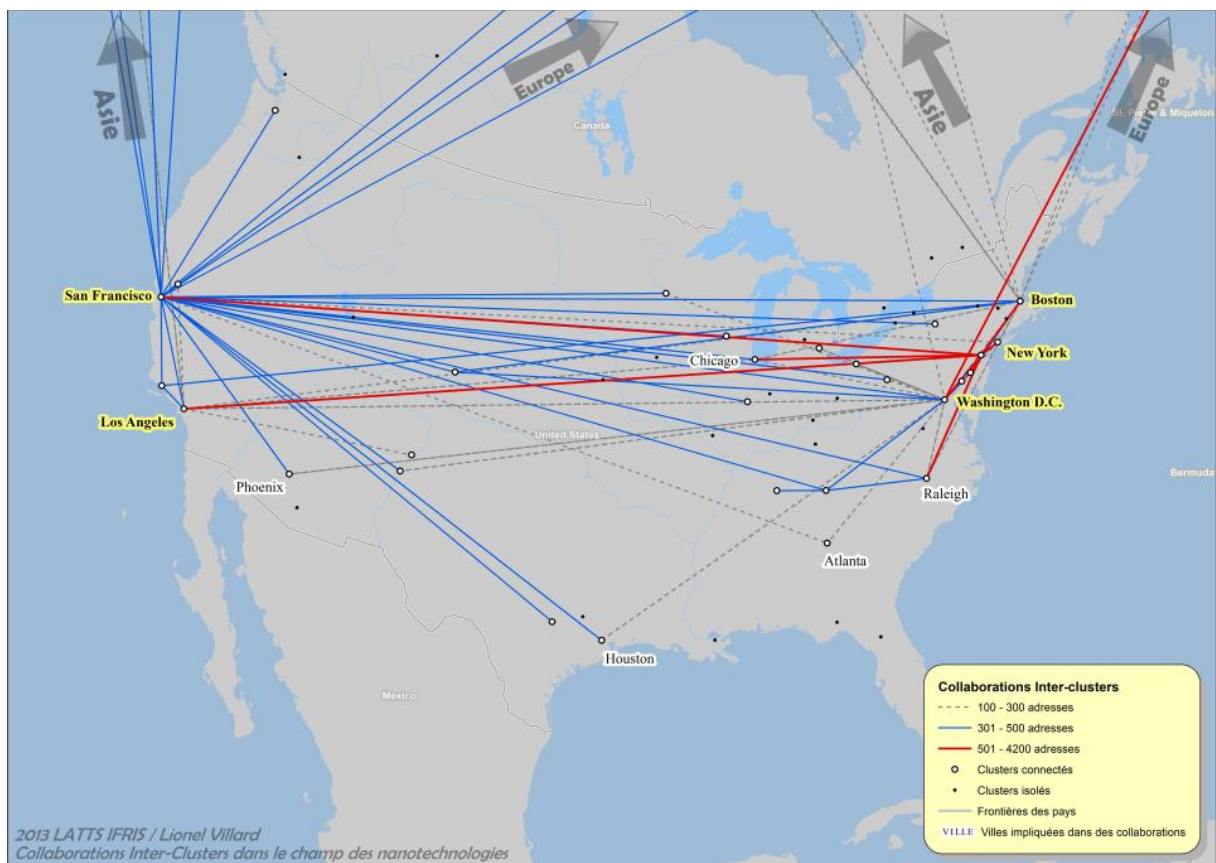


Figure 9 Les liens forts des clusters asiatiques

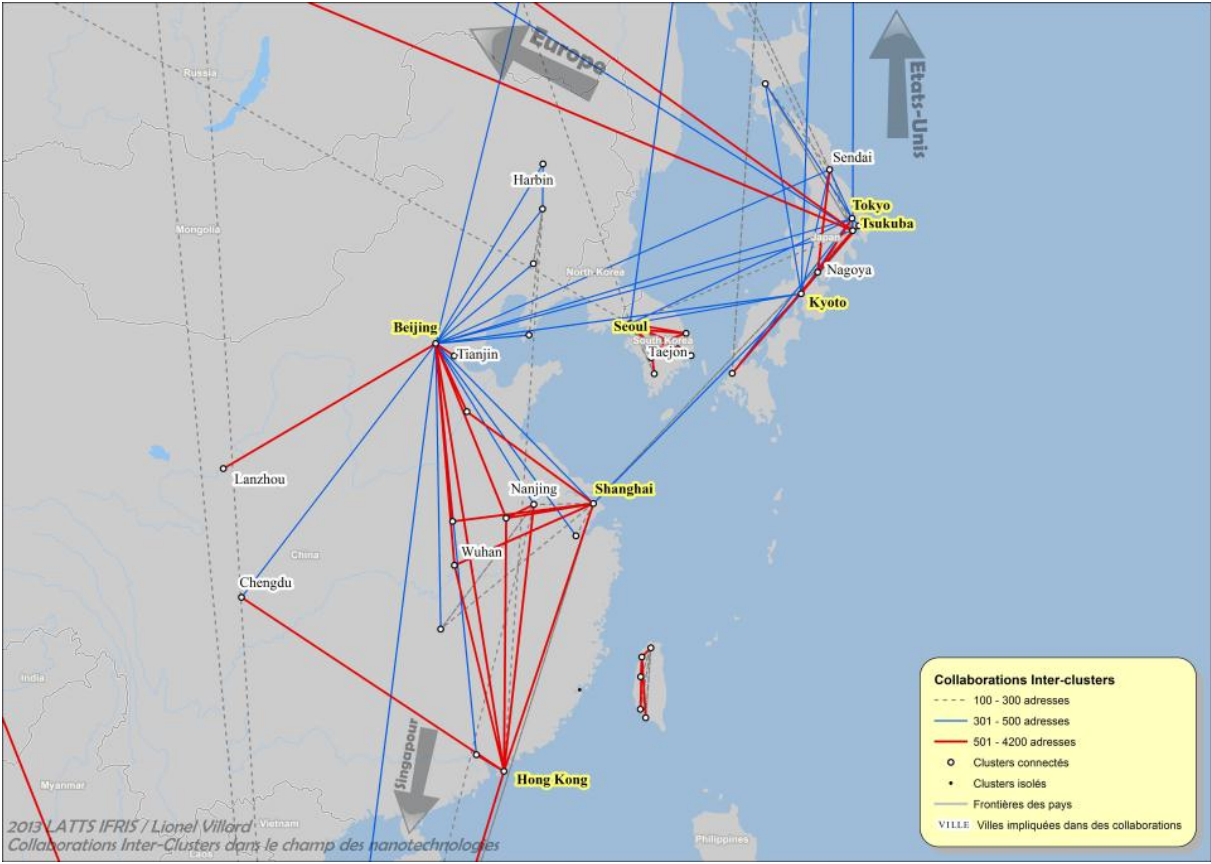


Figure 10 les liens forts des clusters européens

