

Les citations scientifiques: des réseaux de références dans des univers de références. L'exemple d'articles de chimie

Béatrice Milard¹ LISST (Université de Toulouse, France)

Résumé

L'objectif général de ma recherche est de mettre en évidence l'épaisseur sociale et relationnelle des références et citations scientifiques en montrant que, loin d'être seulement des indicateurs de productivité ou de visibilité de la recherche, elles sont aussi une expression de la sociabilité scientifique. Parce qu'elles dynamisent les relations sociales et intellectuelles des chercheurs, les références et les citations sont le possible vecteur de transformation des collectifs scientifiques.

Sur la base d'un corpus de 32 articles émanant d'un laboratoire de chimie toulousain et à l'aide d'entretiens avec leurs auteurs, j'analyse les références de trois d'entre eux comme étant l'occasion, pour leurs auteurs, de dynamiser les relations aux collectifs auxquels ils déclarent appartenir, ou auxquels ils se confrontent via ces références. Je poursuis en montrant que les réseaux de références de chaque publication s'inscrivent au sein d'univers de références (l'ensemble des citations dont ces références ont fait l'objet) qu'elles contribuent en partie à produire.

Mots-clés : science – publications scientifiques – références – réseaux de références – citations – co-citations – univers de références

¹ Correspondance : beatrice.milard@univ-tlse2.fr

Les références et les citations scientifiques n'ont que rarement fait l'objet d'analyse qui tienne compte de leur contenu relationnel. Les travaux qui s'intéressent à l'activité de recherche par l'étude de la construction sociale des écrits scientifiques ne prêtent souvent plus d'attention aux documents dès lors qu'ils sont définitivement rédigés. A l'inverse, les études bibliométriques qui se focalisent sur la visibilité des documents publiés, négligent trop souvent la dimension sociale qui accompagne leur mise en place et leur diffusion. Pour dépasser ces limites, je propose une étude des publications scientifiques qui se centre sur les dynamiques relationnelles des références et des citations².

Dynamiques relationnelles des citations et des références scientifiques

Les citations scientifiques ont depuis longtemps été un objet privilégié des analystes de la science et, en premier lieu, celui des travaux relevant du domaine de la scientométrie. Dès les premières analyses de Merton et son équipe sur « l'effet Mathieu » (Merton 1968) et la critique de « l'hypothèse Ortega » (Cole et Cole 1967), on a mis en évidence les effets de contexte (prestige de l'université, trajectoire des chercheurs, démographie, répartition structurelle des taux de citations) et surtout cumulatifs sur la productivité et la visibilité (les citations) des chercheurs. Mais ces travaux ne cherchent pas à expliquer comment, au quotidien, les hiérarchies sont reproduites, comment elles se diffusent et encore moins comment les activités de référence participent à ce phénomène. L'analyse des « collègues invisibles » (Price 1966; Crane 1972) – c'est-à-dire les réseaux informels liés aux échanges intellectuels – se donnait en quelque sorte cet objectif, notamment par l'étude des co-citations. On a ainsi montré le rôle des références bibliographiques dans la construction des « aires de recherche », donc des spécialités disciplinaires (Small et Griffith 1974; Small 1979; Hargens et Felmler 1984; Hargens 2000), dans leur dynamique (Mullins 1972; Michaelson 1993) et leur porosité (Callon, Law, et Rip 1986; Callon, Courtial, et Penan 1993). Mais ces études sur les collègues invisibles, comme celles sur la stratification de la science, malgré tous leurs apports, présentent la commune limite de ne considérer la référence ou la citation que comme un indicateur exprimant la spécialisation ou la reconnaissance, et non, comme je propose de le faire, une expression de la sociabilité scientifique et professionnelle.

² Pour les scientomètres, la différence entre « citations » et « références » est clairement établie depuis longtemps : si une publication A mentionne en bibliographie un document B, l'article A fait une référence à l'article B et l'article B est une citation de l'article A (Price, 1970). Je me tiendrai à cette distinction dans ce texte.

Les travaux de sociologie des sciences qui développent une approche plus pragmatique abordent les références comme des éléments persuasifs (Gilbert 1977), des alliés à intéresser et à mobiliser pour construire la crédibilité du texte (Latour 1977; Callon et al. 1984). L'analyse des discours des scientifiques révèle, quant à elle, que les références ont différentes « fonctions » (Moravcsik et Murugesan 1975; Chubin et Moitra 1975), y compris négatives (MacRoberts et MacRoberts 1984). Des typologies ont été établies et, encore maintenant, on s'interroge sur la complexité des motivations à citer en montrant toutes les subtilités de communication qu'elles génèrent, notamment en fonction des disciplines (Brooks 1985; 1986; Harwood 2008; 2009). Cependant, ces travaux d'études des sciences focalisent bien souvent sur la dimension normative (Cronin 1984) ou rhétorique de la référence et ils ne prêtent jamais non plus de véritable attention à leur contenu relationnel (notamment parce que, quand ils s'intéressent aux références, les travaux menés dépassent rarement le temps de l'écriture de la publication). Ainsi, on ne sait rien des relations qui unissent les auteurs à leurs références, ni les références entre elles et on ne sait pas non plus ce que la publication « exprime » d'un point de vue relationnel. Pour ces raisons, il est pertinent de développer une analyse qui se centre sur les dynamiques relationnelles des références.

Du côté de l'analyse des réseaux sociaux, on s'intéresse de plus en plus aux publications scientifiques. Depuis une dizaine d'année, certains travaux ont montré que la structure sociale (les relations personnelles) se reflète pour une part dans la structure cognitive (les références et les citations) : Baldi 1998; White 2001; Cronin et Shaw 2002; White, Wellman et Nazer 2004. Actuellement, on s'interroge sur la coïncidence des relations sociales (collaborations) et cognitives (co-citations) au sein de groupes de chercheurs : par exemple, Tuire et Erno 2001; Lazega et al. 2004; Roth 2008, Roth et Cointet 2009. Cependant, le caractère formel et l'ambition modélisatrice de ces travaux ne permettent pas de saisir la dimension sociale des échanges liés aux références et aux citations dans leurs différentes formes, leur intensité, leur histoire.

Il s'agit ici d'apporter un éclairage plus qualitatif et concret sur ces questions en montrant que les références citées ne sont pas simplement un écho de la sociabilité scientifique, qu'elles ne se limitent pas non plus à coïncider avec elle, mais qu'elles sont l'occasion d'activer certains liens, de mettre certains acteurs de la recherche en relation. Cette approche permet notamment de mieux comprendre comment les textes concourent à déterminer, consolider ou détruire les relations entre certains groupes et participent à la formation des collectifs scientifiques.

L'étude du rôle des textes scientifiques et des citations dans la structuration des relations sociales et des collectifs scientifiques nécessite de mettre en œuvre une démarche plurielle, qui ne se limite pas à la formalisation et la modélisation et qui, dans le même temps, n'évite pas de recourir à des données quantitatives de teneur plus macrosociologique. C'est pourquoi j'ai mis en place une méthode « mixte » qui associe des démarches qualitatives (des entretiens auprès de chercheurs et des analyses de contenu des publications) et quantitatives (codage systématique de certaines des informations recueillies par entretien et analyse de contenu et extractions de données bibliographiques).

J'ai effectué 32 entretiens auprès de chercheurs d'un laboratoire de chimie toulousain en organisant chacun de ces entretiens autour d'une de leurs publications. Je me suis servie de la bibliographie du texte comme « générateur de noms » pour comprendre le réseau socio-cognitif (intellectuel, professionnel et social) lié à cette publication. Les chercheurs ont caractérisé le type de relation qu'ils avaient avec chaque personne de la référence citée et, s'ils ne la connaissaient pas personnellement, m'ont précisé ce qu'ils savaient d'elle. J'ai complété ces informations de type « réseau personnel » par une description détaillée de l'ensemble du processus de publication de l'article du point de vue de son auteur : écriture, évaluation, coopérations, financements, publications et collaborations antérieures et postérieures. Enfin, j'ai recueilli également d'autres informations en utilisant les bases de données bibliographiques en vigueur dans la discipline dans le but de réunir des données d'ordre bibliométrique sur les références étudiées.

Seules 15 publications ont, pour l'heure, fait l'objet d'une analyse avancée. Les auteurs interrogés sont chercheurs au CNRS, un seul d'entre eux est enseignant-chercheur à l'université. Ils présentent une relative hétérogénéité puisque onze d'entre eux sont des hommes et quatre sont des femmes ; six ont soutenu leur thèse dans les années soixante-dix ou avant, quatre dans les années quatre-vingt et six dans les années quatre-vingt dix ou deux mille. Dans la plupart des cas, les publications sont parues dans une revue sélective de la spécialité et le chercheur interrogé est le ou la référent-e (en chimie, un système d'étoile apposée à un seul des signataires de l'article – le référent – clarifie les questions de responsabilité). Dix des publications sont des articles courts et cinq des articles longs. Les quinze publications étudiées réunissent 634 références qui comportent 2381 auteurs. Le repérage des publications qui citent les mêmes références s'est fait à l'aide de la base de données bibliographiques « Web Of Science » (WOS) de Thomson Reuters qui recense l'essentiel de la production littéraire de la discipline. Entre 1950 et

2010, les 634 références du corpus sont citées par 131 091 publications recensées par le WOS.

L'analyse de la relation des chercheurs interrogés avec les auteurs cités en références dans leurs articles montre une sociabilité professionnelle qui présente des caractéristiques similaires aux sociabilités plus ordinaires (Milard 2010). Même si les chercheurs interrogés ne connaissent pas tous les auteurs qu'ils ont cités en bibliographie (seulement 50% des 2381 auteurs), ils repèrent aisément la présence de deux équipes ou qui est le responsable de la publication ou le chef de l'équipe au sein de la référence. Ils décrivent assez rarement leurs relations en fonction de leurs affiliations institutionnelles (notamment entre chercheurs français dont les affiliations sont particulièrement hybrides, cf. Grossetti et Milard 2003) mais plutôt en fonction de leurs trajectoires de recherche, leurs spécialités au niveau assez général (ou la discipline quand on a affaire à plusieurs) et, enfin, leur origine géographique. D'une manière générale, j'ai pu repérer une tendance à l'homophilie entre les auteurs citants et les auteurs de leurs références, du point de vue de la discipline, de l'origine géographique ou de l'affiliation institutionnelle. La nature des relations ressemble également à celle que l'on trouve dans le monde social en général : il existe peu de liens très forts (l'équipe, les « vieilles connaissances », des liens d'amitiés...) et beaucoup de liens faibles (brefs échanges lors de congrès, simple co-présence dans un même lieu) entre citants et cités. On peut donc conclure que la publication est un cadre pertinent pour l'expression de la sociabilité scientifique.

Même si les liens qui les sous-tendent expriment au final une sociabilité ordinaire, je fais l'hypothèse que les références ne sont pas un simple écho, ni un reflet de la sociabilité scientifique mais aussi l'occasion de visualiser, de signaler, d'activer certains liens (cognitifs et sociaux). Elles sont ainsi l'occasion (implicite ou explicite) de déterminer, consolider ou détruire les relations entre certains groupes. Pour tester cette hypothèse et ses implications, il faut observer, dans la littérature scientifique antérieure et postérieure à l'article (« l'univers de références »), s'il existe des traces de ces tentatives d'organisation des groupes. Ce sont ces traces qui expriment la « performance » de la publication d'un point de vue relationnel et socio-cognitif.

Je commencerai par la description des « réseaux de références » de trois articles, très différents les uns des autres : quels collectifs sont signalés à travers les références d'un article et le choix de celles-ci ; quels enjeux révèlent-ils ? Je poursuivrai par l'étude des « univers de références » de ces trois articles, c'est-à-dire l'ensemble des publications ayant citées les mêmes références que l'article

étudié. Y a-t-il un « avant » et un « après » la publication du point de vue de l'organisation des collectifs cognitifs (des co-citations de ces références) ?

Réseaux de références et signalement de collectifs

Le « réseau des références » d'une publication est une façon de rendre compte de l'organisation des références telle que le chercheur a choisi de les exposer. Il consiste à considérer chaque référence comme un point du réseau et à lier celles d'entre elles qui partagent au moins un auteur en commun. En réalité, nous abrégeons par l'expression « réseau de références » ce qu'il faudrait plus justement nommer « réseau d'auteurs en commun dans les références ». Cette présentation permet de repérer les groupes convoqués et visibilisés dans la publication et de savoir dans quelle mesure le réseau est centré sur une ou des personnes particulières. En effet, citer plusieurs fois la même personne (ou la même équipe) dans la publication revient à lui donner de l'importance, au point d'entraîner parfois sa nomination comme expert de l'article par l'éditeur de la revue. A l'aide des informations recueillies par entretien, le réseau de références peut être dessiné³ et qualifié de sorte à identifier les éventuelles cliques ou composantes qui peuvent en émerger.

Les publications retenues sont toutes trois parues dans des revues très sélectives. Elles ont la particularité de présenter des réseaux de références très différents du point de vue de leur densité et de leur forme : tricéphale pour le premier, à multiples composantes pour le second, et très éparse pour le troisième.

Exemple d'un réseau de références dense et polarisé

La première publication est parue dans *Proceedings of The National Academy of Sciences of the USA (PNAS)* en 2003. C'est un court article de quatre pages signé par quatre auteurs, deux post-doctorants, un chercheur et le chef de l'équipe. La personne interrogée (celle qui a l'étoile) est l'un des post-doctorants qui, entre temps, est devenu chercheur à Toulouse. L'article comporte 23 références dont au moins un auteur est connu par l'auteur et sept références dont aucun des auteurs n'est connu⁴. Les numéros des points sont dans l'ordre d'apparition des références dans la publication.

³ Les réseaux des figures 1 à 6 ont été dessinés à la main.

⁴ Les références à des auteurs qui ne sont pas connus par le chercheur interviewé sont dessinées dans la figure 1, elles seront simplement signalées dans les figures 3 et 5.

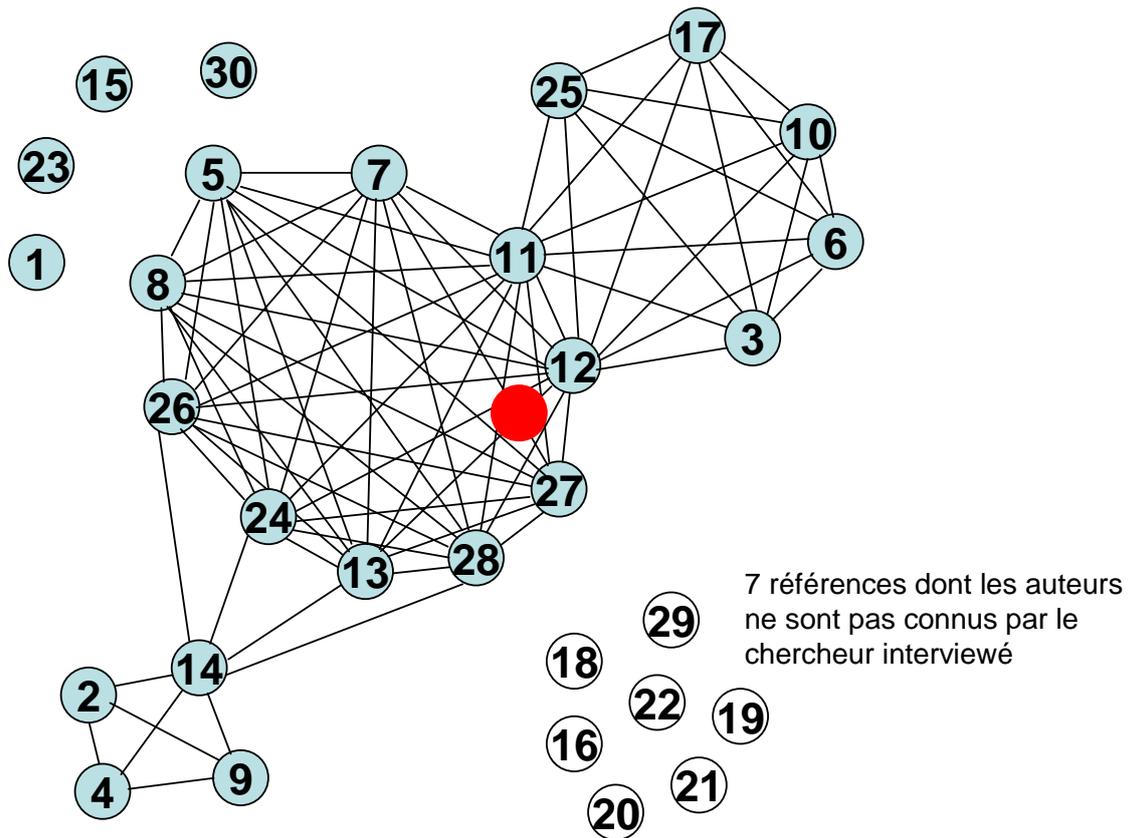


Figure 1. Réseau de références de l'article paru dans PNAS en 2003

Le réseau de références présente une grande densité. Seules quatre références (en plus des sept dont les auteurs ne sont pas connus par le chercheur interviewé) ne sont pas reliées aux autres. On observe un réseau principal et deux composantes adjacentes reliées au réseau principal par un ou deux articles. Que signifie cette forme, à quoi renvoie-t-elle ? Les références où l'on trouve le chercheur interviewé comme auteur sont les n°7, 11, 12, 27 et 28 (cf. le rond rouge sur les figures 1 et 2). La publication de 2003 fait suite à deux autres publications, citées ici, la n°11 et la n°12 (au centre droit de la figure 1), parues en 2001 et 2002, sur le même thème. La première consistait à contredire ce qui avait déjà été montré sur le sujet et la seconde ajoutait un niveau supplémentaire en proposant des prédictions.

La figure 2 ci-dessous visualise les groupes tels que ont été décrits par le chercheur interrogé.

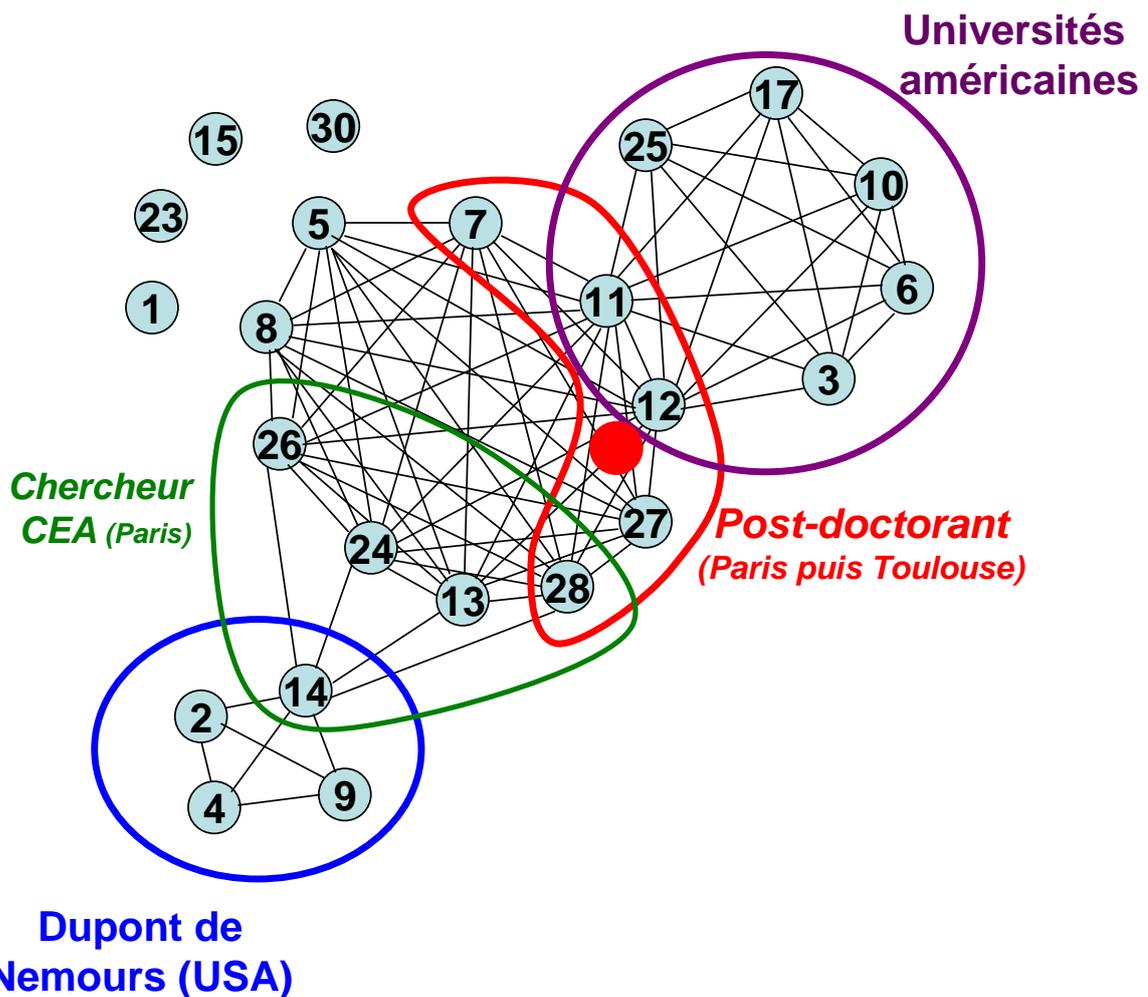


Figure 2. Qualification du réseau de références de l'article paru dans *PNAS* en 2003

Les références renvoyant au chercheur interrogé sont entourées en rouge. Parmi celles-ci, les deux publications initiatrices (n°11 et 12) sont celles qui font le lien avec les références d'équipes américaines, via un chercheur américain avec lequel l'équipe a collaboré pour ces deux publications. La publication parue dans *PNAS* en 2003 a été l'occasion de renouer avec un chercheur de l'équipe (CEA, Paris) avec lequel ils avaient déjà collaboré en 2000 et qui fait le lien avec un ensemble de publications issues du monde industriel (Dupont de Nemours). En fait, d'après le chercheur interrogé, le thème n'aurait pas continué si ce chercheur n'avait pas été particulièrement intéressé par le procédé.

La forme du réseau des références de la publication montre la mise en relation, par l'équipe de Paris, de deux sphères, la sphère académique et la sphère industrielle. C'est une mise en relation qui a eu lieu à l'instigation d'un chercheur du groupe et qui est visibilisée dans le réseau de références de la publication.

Exemple d'un réseau de références connexe

La deuxième publication est un article long de 8 pages paru en 2004 dans *Inorganic Chemistry*. Il a été signé par cinq auteurs, un étudiant en master, un directeur de recherche au CNRS qui est le responsable de la publication et avec lequel l'entretien a eu lieu, un chercheur et un technicien de son laboratoire et un chercheur d'un autre organisme de recherche parisien.

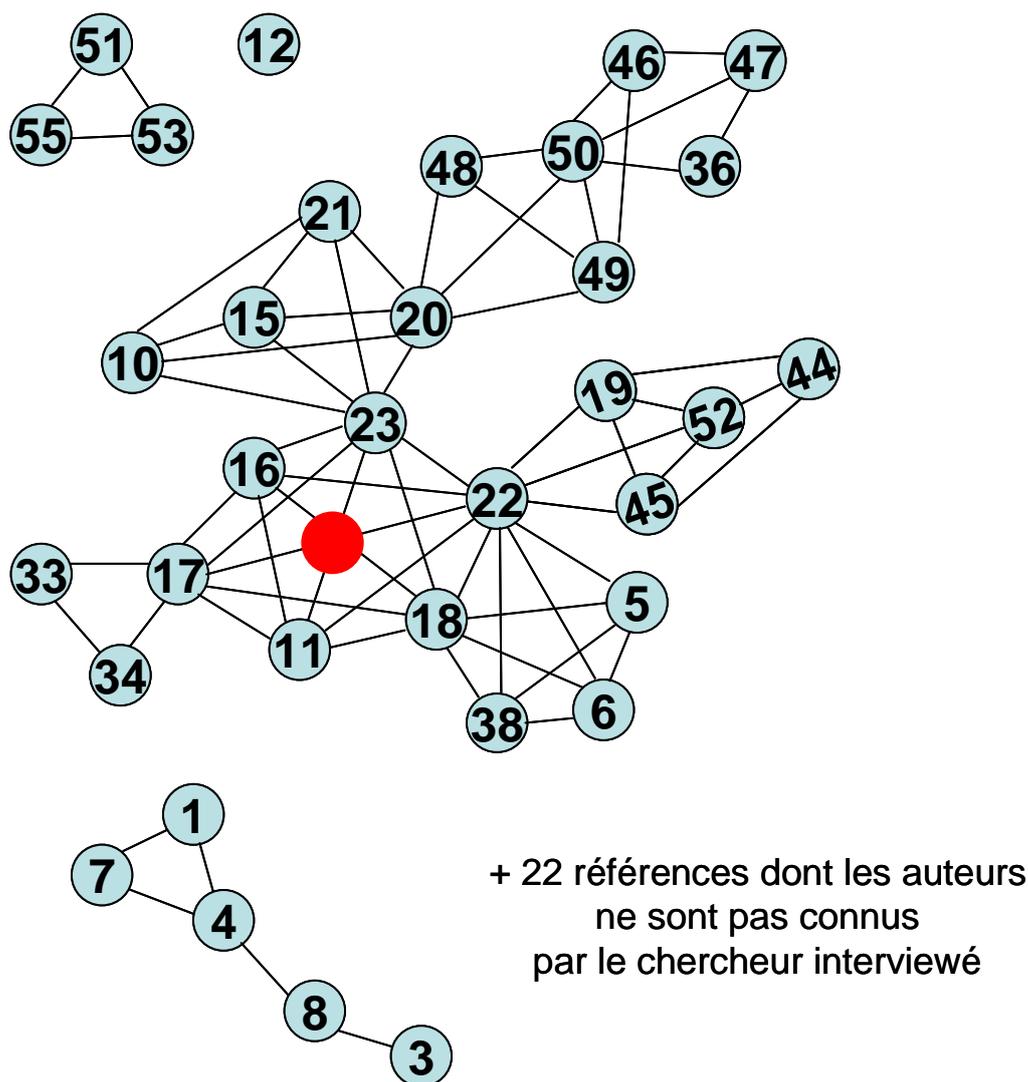


Figure 3. Réseau de références de l'article paru dans *Inorganic Chemistry* en 2004

La publication comporte 35 références dont au moins un auteur est connu par le chercheur interrogé et 22 références dont les auteurs ne le sont pas. Ces dernières sont, pour l'essentiel, des références à des mesures, des programmes ou des méthodes de calcul. Bien que moins polarisé que dans l'exemple précédent, le réseau de références est également assez dense. On n'y trouve qu'une seule

référence solitaire et deux composantes qui ne sont pas reliées au reste du groupe. Le chercheur interrogé est présent dans les références n°11, 16, 17, 18, 22 et 23 (sa place est figurée à l'aide du rond rouge dans les figures 3 et 4) qui est une composante plutôt centrale autour de laquelle se déploient d'autres composantes directement ou indirectement adjacentes. Pourquoi cette figure des références dans la publication ?

**1 - Directeur / jury de thèse, HDR
(les « mentors »)**

**2 - Collaboration anciennes
à Paris et à Toulouse,
(déceptions, critiques)**

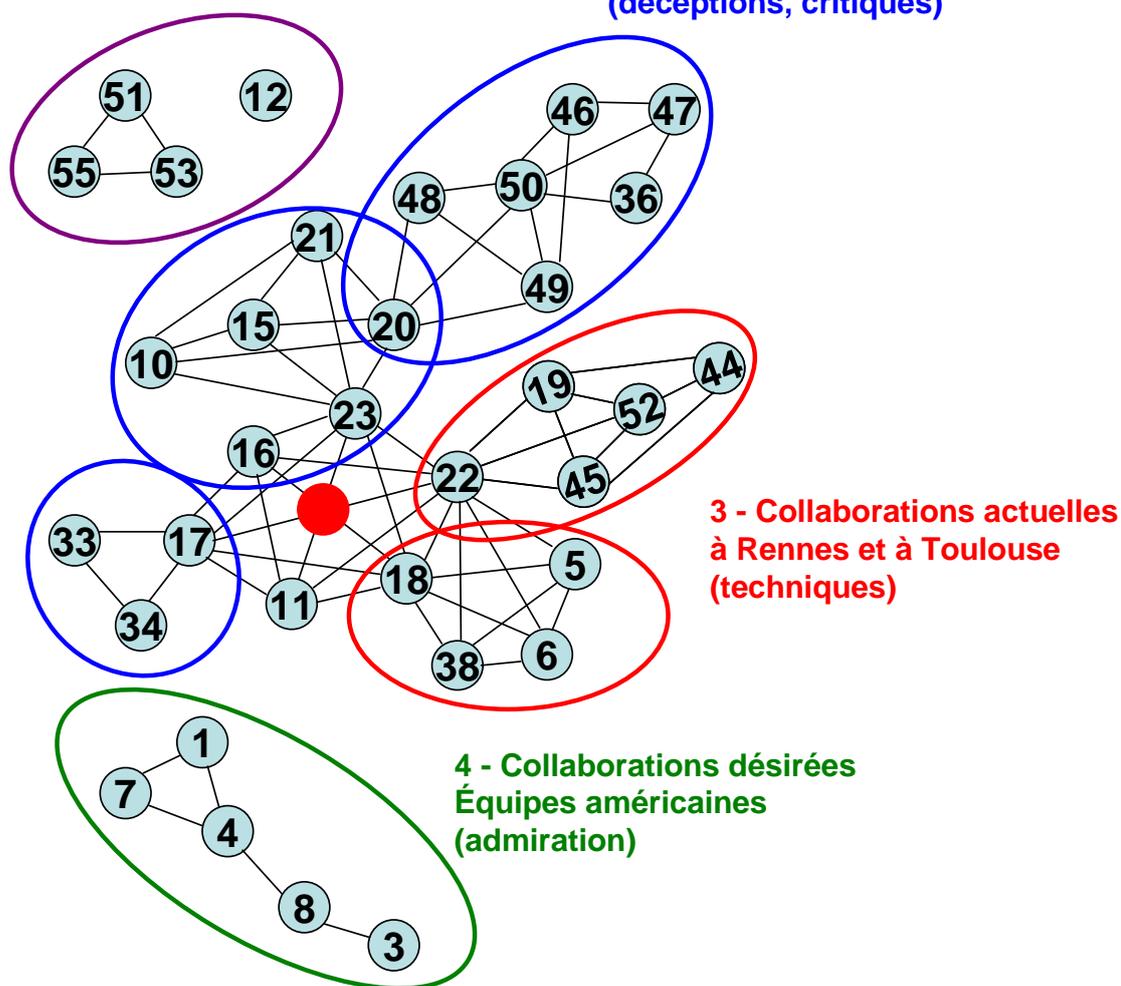


Figure 4. Qualification du réseau de références de l'article paru dans Inorganic Chemistry en 2004

En réalité, le réseau des références marque l'état des collaborations de l'auteur qui a rédigé l'article seul, sauf la partie expérimentale. On y retrouve ses collaborations actuelles (composantes 3, en rouge dans la figure 4 ci-dessus) utiles pour des raisons techniques (en chimie et en physique). Sont citées également des collaborations plus anciennes (composantes 2, en bleu dans la figure 4) vis-à-vis desquelles il exprime plutôt des déceptions en critiquant sur plusieurs plans ses

anciens collaborateurs. Les composantes non associées (1 en violet et 4 en vert dans la figure 4) sont des personnes pour lesquelles il dit éprouver de l'admiration (son ancien directeur de thèse, un membre du jury de son habilitation) et une équipe américaine avec laquelle il a initié des échanges, précisément à l'issue de la rédaction de cet article.

La forme du réseau des références de la publication montre un chercheur qui multiplie les collaborateurs (ce qui se repère également dans son CV) et, plus précisément, qui est en phase de réaliser une rupture avec des anciens collaborateurs pour initier des collaborations plus prestigieuses à ses yeux.

Exemple d'un réseau de références dispersé

La troisième publication est un court article de quatre pages signé par quatre auteurs : trois étudiants en master et un chercheur avec lequel s'est tenu l'entretien. L'article est paru en 1999 dans *Angewandte Chemie*, qui est une revue très prestigieuse. La publication comporte 28 références dont au moins un auteur est connu par le chercheur interrogé et 6 références dont aucun des auteurs ne l'est (n°15, 19, 20, 28, 33 et 34).

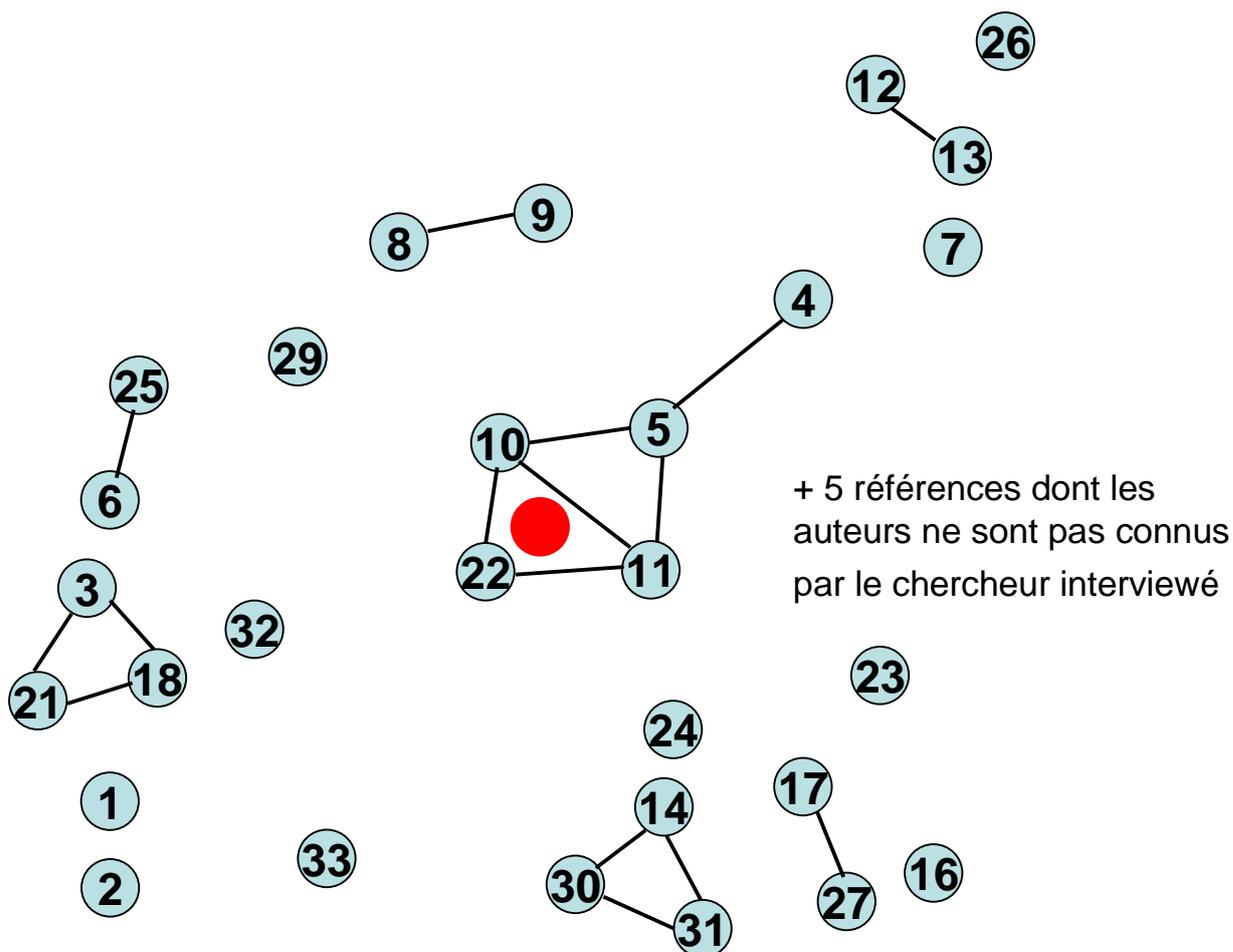


Figure 5. Réseau de références de l'article paru dans Angewandte Chemie en 1999

Le réseau des références est très peu dense. Exceptée la composante où l'on trouve les références du chercheur interrogé (n°10, 11, 22, signalées par le point rouge dans les figures 5 et 6), il n'y a que quelques triades et paires. Comment se fait-il qu'il y ait une telle dispersion des différentes références de la publication ? L'article comporte une certaine profondeur historique puisque son objectif est de proposer une solution à un problème posé dans les années 20-30. Il est aussi une sorte de clôture concernant cette thématique puisqu'il termine une série de publications de l'équipe sur le sujet, et notamment les publications citées dans cet article qui datent de 1992, 1995 et 1997 (n° 10, 11 et 22).

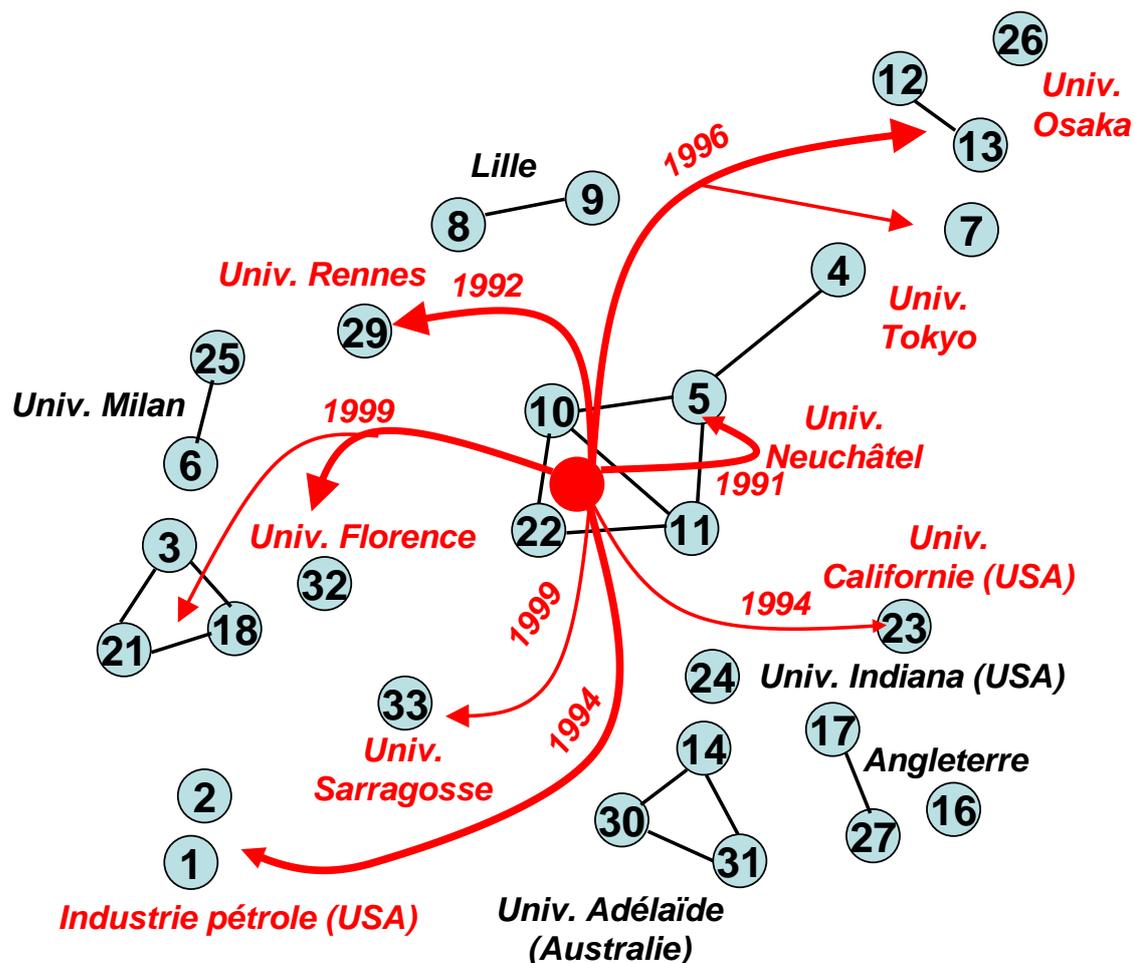


Figure 6. Qualification du réseau de références de l'article paru dans Angewandte Chemie en 1999

La plupart des références renvoient à des équipes d'universités du monde entier qui semblent avoir travaillé indépendamment sur cette thématique. Mais le chercheur a été invité dans la plupart de ces établissements pour faire des conférences ces dix dernières années (cf. les dates et les flèches rouges sur la figure 6 ci-dessus ; un trait plus épais signale une invitation de l'un des auteurs de la référence) et il les connaît. Les références de l'article sont des « jalons » de ses différents voyages : « Sur ce sujet, j'ai beaucoup parlé, j'ai fait une tournée en Allemagne, une au Japon... ». Le caractère disparate des références de l'article signale que ce problème a été souvent travaillé et que le « tour de la question » a été fait.

Du fait de l'importance de la « découverte », la publication sera classée VIP (*Very Important Paper*) par la revue et les travaux du chercheur seront amplement cités dans un « *high light* » (article qui fait une « mise en lumière » sous forme de bilan sur un sujet donné) l'année suivant la parution de cet article. La dispersion des références de cette publication est peut-être liée au fait qu'il n'y a plus vraiment de compétition concernant les résultats qui y sont présentés.

Les réseaux de références ainsi qualifiés sont souvent le fruit et l'expression d'une histoire « personnelle », c'est-à-dire une histoire dont l'auteur principal de l'article est un des acteurs. Le premier exemple illustre une « reconnexion » entre une équipe et un chercheur avec lequel elle avait déjà collaboré. Il s'y manifeste explicitement une rencontre entre deux groupes, l'un plutôt académique et l'autre plutôt industriel. Le deuxième article exprime plutôt une volonté de la part de l'auteur principal de changer l'ordre des choses. Les relations exprimées sont assez subjectives et des sentiments tels que l'admiration, la critique ou la déception sont présents. Les groupes sont alors dessinés assez subtilement par un jeu de proximité et d'éloignement de l'auteur aux autres. Le troisième exemple correspond à la fin d'une thématique qui a occupé l'auteur de nombreuses années et qu'il achève par cet article de manière assez glorieuse. Les relations entre les groupes sont très implicites, comme si les enjeux étaient à présent fortement atténués. Observe-t-on dans la littérature des traces de ces phénomènes ?

Evolution des « univers de références » avant et après la publication

Pour observer la possible influence que la publication peut avoir eu sur la littérature scientifique au niveau des collectifs qu'elle a mis en scène, il faut pouvoir réunir les articles antérieurs ou postérieurs qui partagent les mêmes références que la publication. On peut considérer ces corpus comme représentant « l'univers de références » des publications étudiées. C'est au sein de ces corpus qu'il faut chercher des traces d'un potentiel impact des publications étudiées.

Pour chaque article étudié, nous⁵ avons extrait à partir du Web of Science (WOS) la liste des publications qui citent les mêmes références que l'article étudié.

⁵ Pour ce travail, j'ai bénéficié de l'aide de Mickael Soulier, étudiant L3 en IUP SID à Toulouse, en stage dans notre laboratoire, qui a patiemment réalisé l'extraction de ces milliers de références. Merci aussi à Yves Gingras pour ses suggestions sur cette partie de ma recherche.

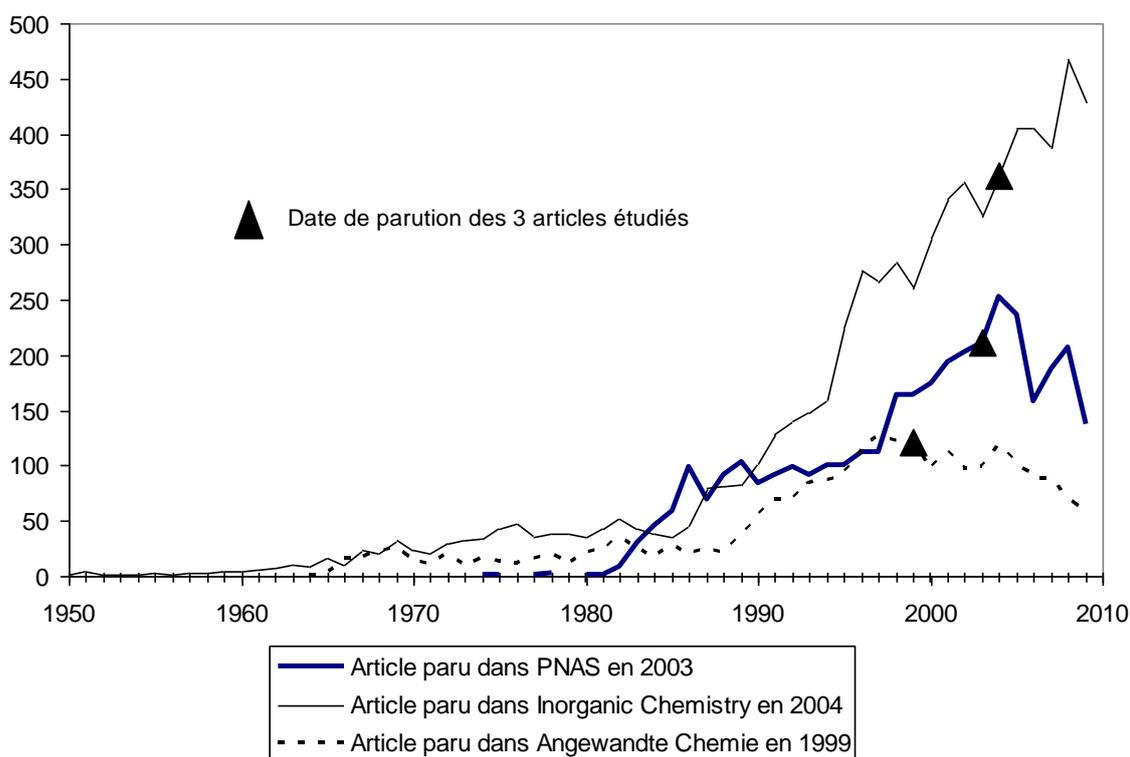


Figure 7. nombre de publications par année qui citent au moins une même référence que l'article étudié

Comme on peut le voir sur le figure 7 ci-dessus, l'univers de références de l'article paru dans PNAS est plutôt en déclin, celui de l'article paru dans Inorganic Chemistry est en pleine expansion et celui de l'article d'Angewandte Chemie est plus réduit que les autres et plutôt stable.

Si l'on s'intéresse aux collectifs scientifiques créés par les références, il faut pouvoir repérer dans la littérature les associations entre les références. C'est pourquoi, dans un second temps, nous avons réalisé des réseaux de co-citations (Small, 1973), c'est-à-dire des cartes relationnelles des références selon qu'elles sont co-citées dans un même article⁶.

⁶ Les réseaux des figures 7, 8 et 9 ont été dessinés à l'aide du logiciel Netdraw.

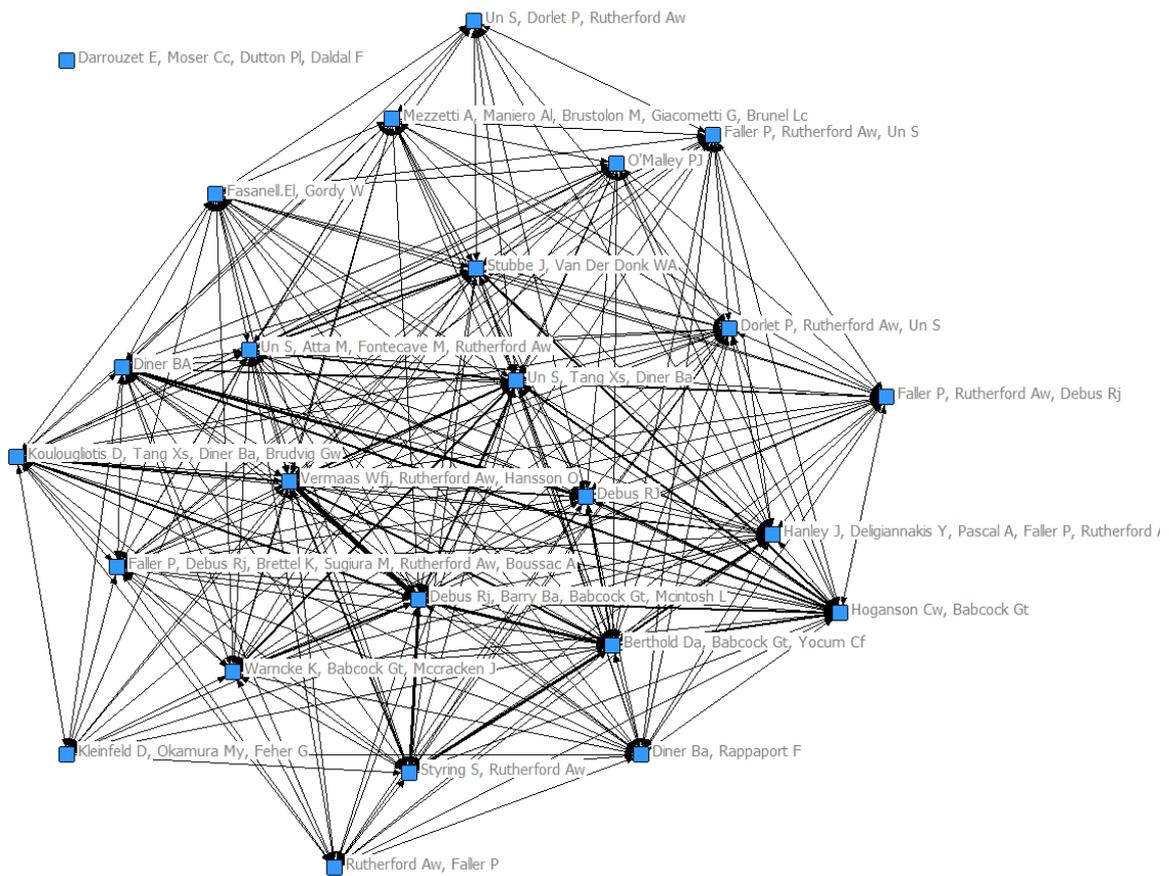


Figure 8. réseau de co-citations des références de l'article paru dans *PNAS* en 2003

Ce réseau (figure 8) figure les liens entre les références de l'article en fonction du nombre de publications qui les ont co-citées dans la littérature : *Vermass et al.* et *Debus et al.* au centre du réseau ont souvent été co-cités (187 fois), alors que *Un et al.* et *Mezzetti et al.* (en haut) l'ont moins été (2 fois seulement) et que *Darrouzet et al.* (en haut à gauche) n'a jamais été associé avec une des autres références autrement que dans l'article étudié.

Pour comprendre dans quelle mesure la publication peut avoir bouleversé cet univers des références, il faut étudier l'évolution de ce réseau. Pour chaque article étudié, nous avons retenu deux périodes, trois ans avant et trois ans après. Qu'est-ce que l'évolution de ces réseaux permet de comprendre pour chacun des articles ?

Resserrement des liens entre deux collectifs au sein de l'univers de références

Dans le premier article paru en 2003 dans *Proceedings of The National Academy of Sciences*, l'enjeu était pour l'équipe de poursuivre une thématique déjà engagée avec deux autres articles, en collaboration avec un chercheur universitaire américain. Cette prolongation s'est produite à la demande d'un autre chercheur de l'équipe qui n'avait pas participé aux premiers travaux mais qui était très intéressé au point de vue théorique par ces résultats : « *on n'aurait pas continué si S. n'avais pas été particulièrement intéressé par le procédé* ». Comme on le voit sur la figure 2, la publication a donc été l'occasion d'une mise en relation entre les collaborateurs du chercheur universitaire américain (« groupe universités américaines ») et ceux du collègue-chercheur qui sont issus du groupe industriel Dupont de Nemours aux USA, ce dernier étant également un américain mais avec une poste de chercheur titulaire en France. Est-ce que l'on peut trouver des traces de cette mise en relation dans la littérature scientifique ?

		A	B	C	T
Groupe "universités américaines" (A) - 7 références -	2001-02-03	76 21%	93 26%	195 54%	364 100%
	2004-05-06	129 28%	202 43%	138 29%	469 100%
Groupe "Dupont de Nemours" (B) - 4 références -	2001-02-03	93 41%	16 7%	120 52%	229 100%
	2004-05-06	202 65%	25 8%	82 27%	309 100%
Les autres (C) - 14 références -	2001-02-03	195 45%	120 28%	121 28%	436 100%
	2004-05-06	176 43%	113 28%	117 29%	406 100%
Total	2001-02-03	364 35%	229 22%	436 42%	1029 100%
	2004-05-06	507 43%	340 29%	337 28%	1184 100%

Tableau 1. Evolution du réseau de co-citations des références de l'article paru dans *PNAS* en 2003

Entre les deux périodes, le nombre total de co-citations n'a que très légèrement augmenté. Cependant, les références renvoyant aux groupes « universités américaines » (n° 3, 6, 10, 11, 12, 17 et 25 dans la figure 2) et « Dupont de Nemours » (n° 2, 4, 9, 14, idem) ont eu tendance à fortement augmenter. Le groupe Dupont de Nemours est très fortement associé avec le groupe des universités américaines : 65% de leurs relations au lieu de 41% lors de la période

précédente. De même, le groupe « universités américaines » a resserré ses relations avec le groupe Dupont de Nemours » (43% contre 26% dans la période précédente).

L'objectif de l'article consistant à mettre en relation deux groupes est donc observable dans la littérature et le coup de force de l'article est peut-être d'avoir réussi à imposer le groupe « Dupont de Nemours » dans la thématique ou plus justement à l'avoir mieux ancré dans la thématique en l'associant plus systématiquement à un groupe déjà installé.

Evolution de la centralité des groupes de l'univers de références

Le deuxième article est paru en 2004 dans *Inorganic Chemistry*. Il est le résultat du travail d'un chercheur qui tente de transformer son environnement professionnel en changeant de collaborateurs. Le premier des deux groupes avec lesquels il a (entre autres) travaillé depuis 15 ans (cf. figure 4 ci-dessus, la composante en bleu) est parisien, initiateur de la spécialité, longtemps « incontournable » en France. Ses critiques à son égard sont assez importantes : « *C'est décidé, je ne veux plus travailler avec lui, ni avec eux* ». Le second groupe est américain et comprend un chercheur connu par l'auteur depuis qu'ils ont fait leur post-doctorat aux Etats-Unis ensemble. Il l'apprécie personnellement mais ils sont en situation de concurrence (ils ont publié un *review* la même année sur le même thème) et il regrette qu'il fasse parfois cosigner leur ex « patron » de post-doctorat pour augmenter ses chances de publier. Il est donc, selon ses propres termes, « *un peu déçu* » par lui. Apparaissent également dans son article des références à un groupe de chercheurs européens (belges et anglais) qui sont par contre des personnes pour lesquelles il éprouve du respect et avec lesquelles il avait commencé à collaborer lors de la soumission de cet article (cf. figure 4 ci-dessus, la composante en vert). De fait, après 2004, il ne collaborera plus avec les deux premiers groupes et poursuivra sa collaboration avec le troisième (trois publications). Repère t-on des effets de ces bouleversements dans l'univers de références de l'article ?

		A	B	C	D	T
Lui et son équipe (A) - 5 références -	2002-03-04		15 22,7%	44 66,7%	7 10,6%	66 100,0%
	2005-06-07		34 27,6%	75 61,0%	14 11,4%	123 100,0%
Les collaborations désirées (B) - 3 références -	2002-03-04	15 22,7%		51 77,3%	0 0,0%	66 100,0%
	2005-06-07	34 43,0%		34 43,0%	11 13,9%	79 100,0%
Les collaborations passées, un peu décevantes (C) - 4 références -	2002-03-04	44 36,7%	51 42,5%		25 20,8%	120 100,0%
	2005-06-07	75 56,8%	34 25,8%		23 17,4%	132 100,0%
Les collaborations passées, critiquées (D) - 4 références -	2002-03-04	7 21,9%	0 0,0%	25 78,1%		32 100,0%
	2005-06-07	14 29,2%	11 22,9%	23 47,9%		48 100,0%
TOTAL	2002-03-04	66 23,2%	66 23,2%	120 42,3%	32 11,3%	284 100,0%
	2005-06-07	123 32,2%	79 20,7%	132 34,6%	48 12,6%	382 100,0%

Tableau 2. Evolution du réseau de co-citations des principales références de l'article paru dans *Inorganic Chemistry* en 2004

Le réseau des co-citations entre les groupes a fortement augmenté entre les deux périodes, comme a augmenté le nombre total de citations aux références de l'article (cf. la courbe dans le figure 7 ci-dessus). Le groupe qui a le plus bénéficié de cette hausse de la connexion entre les groupes est celui de l'auteur de l'article (lui, ses étudiants et ses collaborateurs « techniques » réguliers). Celui qui a perdu le plus de connexions avec les autres est celui qui en avait le plus, le groupe de son ex camarade de post-doctorat, devenu son principal concurrent. Les deux autres groupes ont un poids constant. Outre le nombre de liens, on peut noter entre les deux périodes une centralité accrue de l'équipe du chercheur interrogé : ils sont moins exclusivement associés au groupe de son ex-camarade-concurrent (groupe C) et plus souvent aux autres, et notamment au groupe dont le chercheur interrogé espérait beaucoup en termes de collaboration en 2005 (groupe B). Le profil de liens des autres groupes montre que, dorénavant, le chercheur et son équipe leur sont très souvent associés : plus de la moitié des liens de l'équipe de son concurrent et près de la moitié de ceux dont il espère la collaboration. La performance de l'article consiste donc à avoir recentré l'univers de références sur l'auteur, devenu une référence bien plus incontournable.

La fin d'une thématique ou la disparition d'un univers de références

Le troisième article est paru dans une revue très prestigieuse et généraliste, *Angewandte Chemie*, qui est une revue allemande mais qui publie également une édition internationale. Il est particulier car il est le dernier d'une série et il a clos la thématique pour l'auteur qui est passé à une autre ensuite. De fait, l'auteur n'a pas fait part d'enjeu particulier lié à cette publication. Elle concluait ses travaux, commencés quelques années auparavant : « *Là c'est une référence à nous. On est rentré dans cette thématique avec ce papier. J'ai quand même le respect des autres parce que je ne la donne qu'en sixième position* ». L'univers de références de l'article est plus réduit que les autres articles, notamment que le précédent, et a eu tendance à diminuer depuis quelques années : le nombre global de citations aux références de l'article est passé de 370 entre 1997 et 1999 à 306 articles entre 2000 et 2002 (cf. figure 7 ci-dessus). L'évolution du réseau des co-citations des références de l'article montre une évolution assez radicale après 1999.

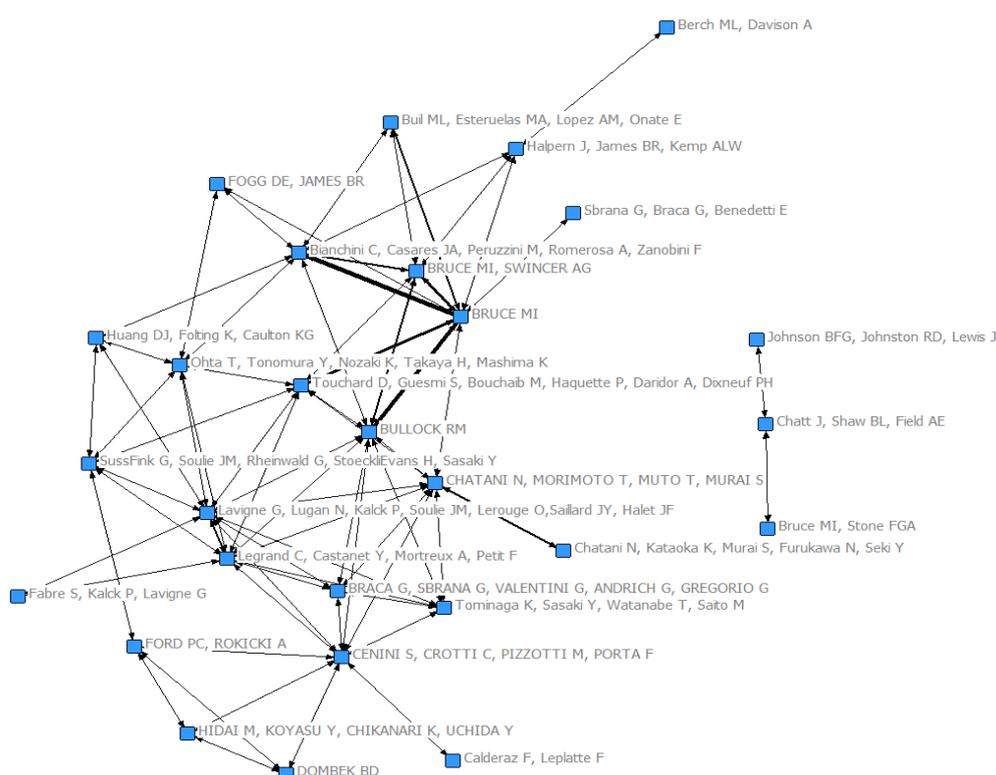


Figure 9. Réseau de co-citations (1997 à 1999) des références de l'article paru dans *Angewandte Chemie* en 1999

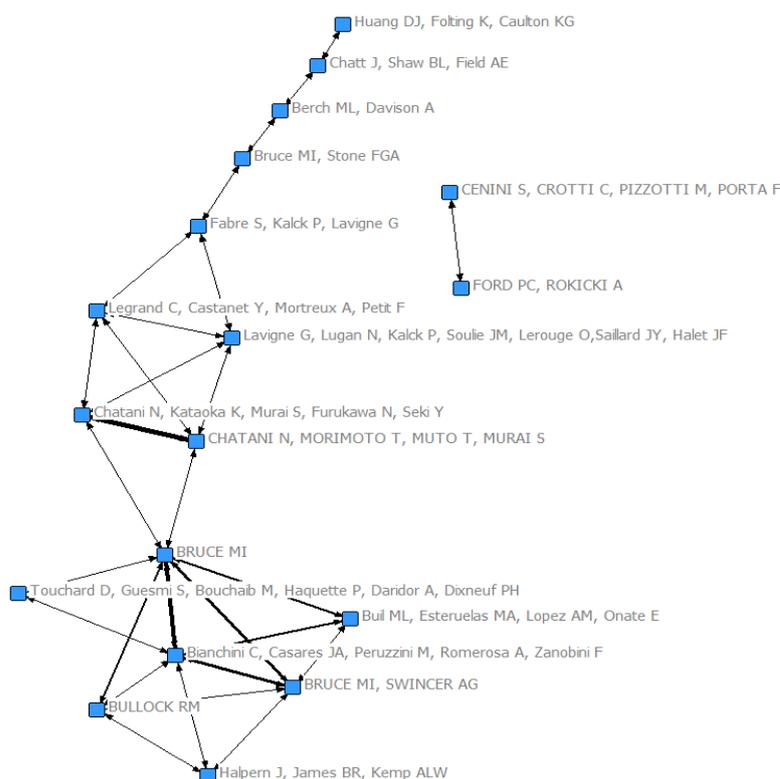


Figure 10. Réseau de co-citations (2000 à 2002) des références de l'article paru dans Angewandte Chemie en 1999

Entre les deux périodes, le nombre de références impliquées dans le réseau de co-citations a diminué, passant de 28 à 18. Le nombre de co-citations n'a pas excessivement diminué mais la connexion entre les références, autrement dit la densité du réseau, est passée de 70 à 29. Cela signifie que les co-citations ont eu tendance à se centrer sur quelques références. Effectivement, le réseau des co-citations était assez diffus et en étoile à la première période et il s'est allongé et recentré sur quelques références à la seconde. On a ici l'illustration de la fin d'une thématique qui, des dires mêmes de l'auteur interrogé, s'est en grande partie achevée du fait de son article (classé par la revue comme l'un des deux Very Important Paper de l'année). Elle a aussi été clôturée du fait du High Light qui a été publié en 2000 et qui faisait une synthèse sur cette thématique, citant trois des publications de l'auteur interrogé et ouvrant sur une recherche future. En définitive, on pourrait presque dire que le succès connu par cette publication a été le signal de la disparition de l'univers de référence s'y rapportant.

Conclusion

Dans ce texte, j'ai tenté de montrer que le réseau des références est une sorte d'état (de photographie) des relations du chercheur, par rapport auquel il y a un « avant » et un « après ». Cette dynamique est repérable par l'étude de l'univers de références de l'article, c'est-à-dire la configuration des références telles qu'elles sont citées et co-citées dans la littérature.

Les trois exemples étudiés présentent des univers de références avec des dynamiques différentes. Alors que le premier présente une configuration visant à renforcer la connexion entre deux collectifs, le second marque la transformation des équilibres entre quatre équipes spécialisées sur le même objet. La dynamique du troisième texte est encore différente parce qu'elle révèle une déliquescence rapide des liens suite à la parution de l'article. Même à travers ces seuls trois exemples, on peut retenir que « l'univers de références » d'un article n'est pas toujours en expansion (exemple 3), qu'il ne tourne pas toujours autour de celui qui l'a construit (exemple 1) et qu'il peut masquer des tensions fortes (exemple 2). Il sera donc particulièrement intéressant de multiplier les études de cas.

Mon propos n'est pas de dire que le texte étudié a directement produit les transformations de l'univers de références que j'ai décrites ci-dessus. Il en est aussi le produit, dans le sens où c'est par rapport à cet univers de références que l'auteur a construit son texte et sa bibliographie. Cependant, l'analyse présentée ici, parce qu'elle part de l'article et du point de vue de son auteur, permet de mieux comprendre ce que peut être la dynamique d'un texte scientifique au niveau relationnel et, corollairement, cognitif. A ce niveau, il faut souligner l'importance des informations qualitatives issues des entretiens menés avec les chercheurs. Elles sont en effet indispensables, non seulement pour comprendre les dynamiques, mais aussi savoir où les chercher.

Bibliographie

Baldi, Stephane (1998). "Normative versus Social Constructivist Processes in the Allocation of Citations: A Network-Analytic Model". *American Sociological Review*, vol. 63, n° 6, pp. 829-846.

Brooks, Terrence A. (1985). "Private Acts and Public Objects: An Investigation of Citer Motivations". *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 36, n°4, pp. 223-229.

Brooks, Terrence A. (1986). "Evidence of Complex Citer Motivations". *Journal of the American Society for Information Science*, vol. 37, n° 1, pp. 34-36.

Callon, Michel, Françoise Bastide, Serge Bauin, Jean-Pierre Courtial et William Turner (1984). "Les mécanismes d'intéressement dans les textes scientifiques". *Cahiers STS*, n° 4, pp. 88-105.

Callon, Michel, Jean-Pierre Courtial et Hervé Penan (1993). *La scientométrie*, Paris: PUF, "Que sais-je ?".

Callon, Michel, John Law et Arie Rip (1986). *Mapping the dynamics of science and technology*. Londres: The MacMillan Press Ltd.

Chubin, Daryl E. et Soumyo D. Moitra (1975). "Content Analysis of References: Adjunct or Alternative to Citation Counting?" *Social Studies of Science*, vol. 5, n°4, pp. 423-441.

Cole, Stephen et Jonathan R. Cole (1967). "Scientific Output and Recognition: A Study in the Operation of the Reward System in Science". *American Sociological Review*, vol. 32, n°3, pp. 377-390.

Crane, Diana (1972). *Invisible Colleges. Diffusion of knowledge in scientific communities*. Chicago: The University of Chicago Press.

Cronin, Blaise (1984). *The Citation Process: The Role and Significance of Citations in Scientific Communication*. London: Taylor Graham.

Cronin, Blaise et Debora Shaw (2002). "Identity-creators and image-makers: Using citation analysis and thick description to put authors in their place". *Scientometrics*, vol. 54, n°1, pp. 31-49.

Gilbert, Nigel (1977). "Referencing as persuasion". *Social Studies of Science*, vol. 7, n°1, pp. 113-122.

- Grossetti, Michel et Béatrice Milard. (2003). "Les évolutions du champ scientifique en France à travers les publications et les contrats de recherche". *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, n°148, pp. 47-56.
- Hargens, Lowell L. (2000). "Using the Literature: Reference Networks, Reference Contexts, and the Social Structure of Scholarship". *American Sociological Review* 65, no. 6 (Décembre): 846-865.
- Hargens, Lowell L. et Diane H. Felmler. (1984). "Structural determinants of stratification in science". *American sociological review*, vol. 49, n°5, pp. 685-697.
- Harwood, Nigel (2008). "Publication outlets and their effect on academic writers' citations". *Scientometrics*, vol. 77, n°2, pp. 253-265.
- Latour, Bruno (1977). "La rhétorique de la science. « Pouvoir » et « devoir » dans un article de science exacte". *Actes de la recherche en sciences sociales*, n°13, pp. 81-95.
- MacRoberts, Michael H. et Barbara R. MacRoberts (1984). "The Negational Reference: Or the Art of Dissembling". *Social Studies of Science*, Vol.14, n°1, pp. 91-94.
- Merton, Robert K. (1968). "The Matthew Effect in Science: The reward and communication systems of science are considered". *Science*, vol. 159, n°3810, pp. 56-63.
- Michaelson, Alaina G. (1993). "The development of a scientific specialty as diffusion through social relations: the case of role analysis". *Social Networks*, vol. 15, n° 3, pp. 217-236.
- Milard, Béatrice (2010). "Quelles sociabilités derrière les références bibliographiques ? L'exemple d'articles de chimie". Communication aux 2ème journées d'études « Réseaux sociaux », Toulouse, 16-17 mars 2010.
- Moravcsik, Michael J. et Poovanalingam Murugesan (1975). "Some Results on the Function and Quality of Citations". *Social Studies of Science*, vol. 5, no. 1, pp. 86-92.
- Mullins, Nicolas C. (1972). "The development of a scientific specialty: the phage group and the origine of molecular biology". *Minerva*, vol. 10, n°1, pp. 51-82.
- Price, Derek J. De Solla (1965). "Networks of Scientific Papers". *Science*, vol. 149, n° 3683, pp. 510-515.
- Price, Derek J. De Solla (1966). "Collaboration in an invisible college". *American psychologist*, n° XXI, pp. 1011-18.

Price, Derek J. de Solla (1970). "Citation measures of hard science, soft science, technology, and nonscience" in C. E. Nelson and D. K. Pollack (eds.), *Communication among Scientists and Engineers*. Lexington, MA: Heath, pp. 3-22.

Roth, Camille (2008). "Coévolution des auteurs et des concepts dans les réseaux épistémiques : le cas de la communauté « zebrafish »". *Revue Française de Sociologie*, vol. 49, n°3, pp.523-558.

Small, Henry et Belver C. Griffith (1974). "The Structure of Scientific Literatures I: Identifying and Graphing Specialties". *Science Studies*, vol.4, n°1, pp. 17-40.

Small, Henry (1979). "Specialties and disciplines in sciences and social sciences: an examination of their structure using citation indexes". *Scientometrics*, vol. 1, n°5-6, pp. 445-461.

Tuire, Palonen et Lehtinen Erno (2001). "Exploring invisible scientific communities: Studying networking relations within an educational research community. A Finnish case". *Higher Education*, vol. 42, n°4, pp. 493-513.

White, Howard D. (2001). "Authors as Citers over Time". *Journal of the American Society for Information Science & Technology*, vol. 52, n°2, pp. 87-108.

White, Howard D., Barry Wellman et Nancy Nazer (2004). "Does citation reflect social structure?: longitudinal evidence from the "Globenet" interdisciplinary research group". *Journal of the American Society for Information Science & Technology* vol. 55, n°2, pp. 111-126.