

Utiliser l'analyse des réseaux sociaux pour caractériser les réseaux d'innovation

L'innovation est largement considérée aujourd'hui comme un processus de plus en plus collectif associant des acteurs très différents (entreprises, laboratoires de recherche, centre technique...). Dans ce contexte, les politiques d'innovation ont pour vocation de faciliter la mise en réseau et les projets collaboratifs. Afin de mieux diagnostiquer les interrelations entre les acteurs au sein d'une région ou au sein d'un pôle de compétitivité, EuroLIO utilise l'analyse des réseaux sociaux. Cette fiche a pour objectif de présenter les principales formes de réseaux que l'on peut observer, les propriétés qui y sont associées et les conclusions que l'on peut en tirer.



L'INTERET DE L'ANALYSE DES RESEAUX POUR UNE MEILLEURE COMPREHENSION DE LA DIFFUSION DES CONNAISSANCES

L'analyse des réseaux s'intéresse aux relations qui existent entre des acteurs qui peuvent être soit des personnes physiques (inventeurs, auteurs,...) soit des organisations (entreprises, laboratoires, universités,...). Cette analyse peut être appliquée à des données de coopérations dans le processus d'innovation telles que les co-dépôts de brevets, les co-publications, les projets européens comme les PCRDT¹ ou toute autre forme de projets collaboratifs (comme dans les pôles de compétitivité). L'apport de cette analyse est double :

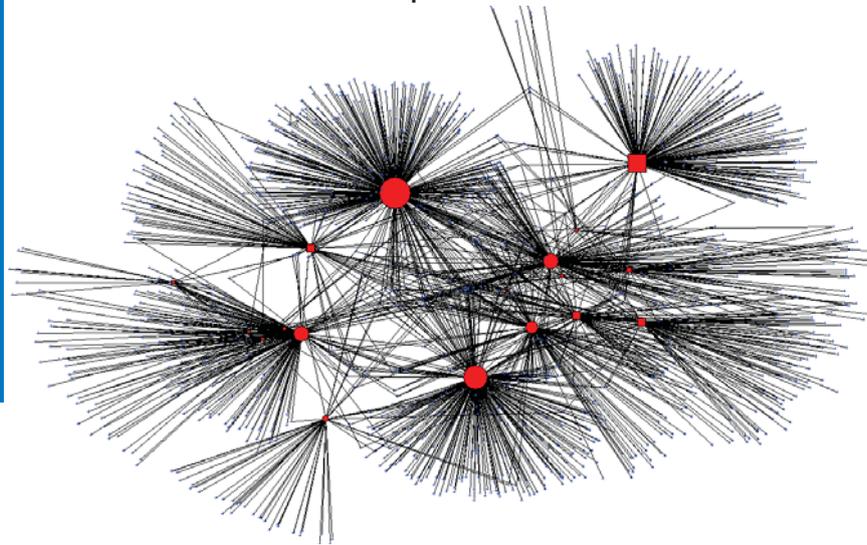
- Elle permet de caractériser l'ensemble du réseau en termes de connectivité et d'intensité des liens : les acteurs sont-ils tous connectés les uns aux autres ou non ? Si oui, le sont-ils de manière directe ou indirecte ? Quelle est l'intensité des liens qui les unissent (coopération ponctuelle ou redondante) ?
- Elle permet de caractériser chaque agent c'est-à-dire sa position au sein du réseau : est-il central dans le réseau ou se situe-t-il plutôt à la périphérie ? Cette position impactera indéniablement la quantité et la qualité des informations et des connaissances se diffusant jusqu'à cet acteur.

En résumé, l'analyse des réseaux permet d'étudier chaque relation et chaque acteur dans le contexte global de relations créées par l'ensemble de ces acteurs. Elle ouvre donc de nouvelles perspectives pour mieux comprendre la manière dont se diffusent les connaissances entre acteurs des processus d'innovation.

Les deux exemples ci-après illustrent les représentations que l'on peut obtenir à partir de bases de données collaboratives.

1. Pour plus d'informations sur les PCRDT, voir Fiche Méthodologique EuroLIO n°2010-1 : «Les Programmes Cadres de Recherche et Développement Technologique (PCRDT) : Intérêts, traitements et enjeux des bases de données».

Réseaux de collaboration des adhérents d'un pôle de compétitivité au sein du 6ème PCRD



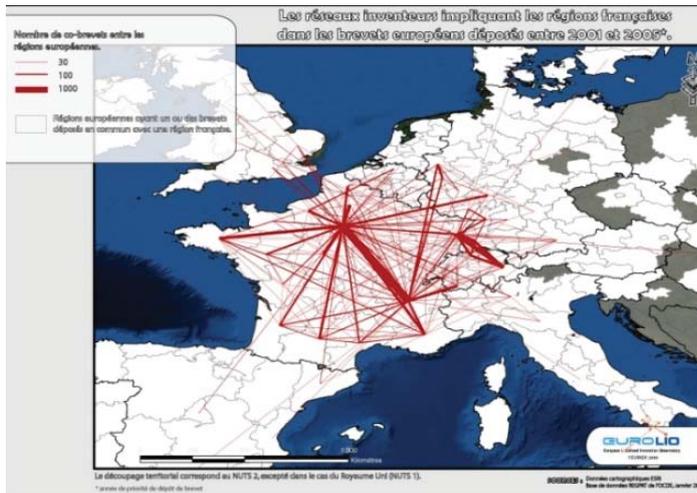
Légende:

- Entreprise adhérente
- Centre de recherche ou acteur de l'enseignement supérieur adhérent
- ▲ Autre adhérent
- + Non adhérent
- Nombre de liens de l'acteur
- Intensité de la collaboration

Source : Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche.
Réseaux : EuroLIO

Dans le graphe ci-dessus, les liens marquent la présence d'une collaboration dans le 6ème PCRD entre des organisations représentées par des symboles différents selon leur statut. Les adhérents du pôle étudié apparaissent en rouge et les non adhérents en bleu. Plus le lien entre deux organisations est épais, plus le nombre de collaborations est important. L'avantage de ce type de représentation est de montrer visuellement le réseau de coopérations qui apparaît ici relativement dense. La limite est qu'il est difficile à partir d'une telle figure de mesurer précisément l'efficacité du réseau en termes de diffusion de connaissances.

Les réseaux inventeurs impliquant les régions françaises dans les brevets européens (2001-2005)



Sur le réseau ci-contre, les liens rendent compte de l'intensité des co-dépôts de brevets entre inventeurs des différentes régions françaises et avec ceux des régions européennes. L'intérêt de ce type de représentation est de montrer la dimension géographique des coopérations et, plus précisément ici, la forte articulation des régions françaises avec l'Île-de-France. Comme pour l'illustration ci-dessus, il n'est pas évident de conclure ou non à une efficacité du réseau en termes de diffusion de connaissances.

Source : RegPat, OCDE - Juin 2009.
Cartographie : EuroLIO.

QUELS INDICATEURS POUR MESURER L'EFFICACITE D'UN RESEAU EN TERMES DE DIFFUSION DE CONNAISSANCES ?

L'efficacité d'un réseau dans la transmission d'informations et de connaissances peut être mesurée à partir de trois indicateurs : le coefficient de cluster, la distance moyenne et la présence de hubs.

Le **coefficient de cluster** permet de repérer l'existence de communautés au sein du réseau. Au niveau d'une personne, il permet de répondre à la question suivante : mes partenaires collaborent-ils entre eux ? Un coefficient de cluster élevé traduit une forte propension des individus à former des sous-ensembles de personnes connectés et à collaborer étroitement les uns avec les autres.



Au sein d'un réseau de collaborations, **des communautés fortement connectées doivent être identifiées**. Ces communautés ne doivent pas être fermées et doivent garder un contact avec le reste du réseau de manière à ne pas fonctionner en autarcie et laisser la porte ouverte à de nouvelles idées matérialisées par les liens avec le reste du réseau. Le coefficient de cluster permet de repérer ces phénomènes.

La **distance moyenne** est le nombre moyen de liens nécessaires à un individu pour atteindre n'importe quel autre individu du réseau. Une distance faible traduit une rapidité supposée dans la transmission des connaissances et des informations, ce qui serait favorable à l'innovation.

Les communautés identifiées dans le réseau **doivent communiquer les unes avec les autres sans un trop grand nombre d'intermédiaires**. Plus il y a d'intermédiaire, plus il y a une déperdition de l'information (hypothèse de "decay"²). Il existe également un seuil au-delà duquel il est impossible de récupérer des informations ou d'atteindre un partenaire (hypothèse de réseau borné).

Un **hub** est un acteur qui occupe une position importante au sein du réseau. Il peut par exemple avoir un nombre important de partenaires donc de liens au sein du réseau et/ou occuper une position intermédiaire de telle manière que sans lui la distance entre deux acteurs serait rallongée.

Les hubs jouent un véritable rôle de plaque tournante. Les hubs sont des acteurs aux moyens humains et financiers importants, ce qui leur permet d'assumer de multiples collaborations simultanées. Ainsi, les acteurs centraux sont généralement soit des filiales ou des centres de recherche de grands groupes, des grandes entreprises ou encore des laboratoires de recherche de taille conséquente. Leur présence permet d'avoir un coefficient de cluster élevé et une distance faible sans pour autant avoir un nombre de liens trop important. Par ailleurs, il faut qu'il y ait suffisamment de hubs pour éviter que le réseau ne soit trop dépendant de quelques acteurs.

Un réseau est jugé efficace en termes de diffusion d'informations et de connaissances lorsqu'il a ces trois propriétés : un coefficient de cluster élevé, une distance moyenne faible et des hubs. Les trois propriétés sont importantes, deux ne suffisent pas.

LE RESEAU COMPLET COMME FORME DE RESEAU LA PLUS EFFICACE?

La première forme de réseau à laquelle on pense est le réseau complet, c'est-à-dire un réseau dans lequel tous les individus collaborent les uns avec les autres. Il a un coefficient de cluster maximal et une distance moyenne minimale. Pour autant ce réseau n'est pas forcément le plus recherché. En effet, si le fait d'avoir un lien direct avec tous les agents permet de profiter directement de toutes les informations, il existe aussi des coûts pour créer ces liens : temps passé dans les collaborations, coût de coordination, transports, dépenses de R&D,... Ne serait-ce que d'un point de vue financier ou en termes de temps de travail, il apparaît impossible pour un acteur de créer des relations avec tous les acteurs du réseau. Les entreprises, les laboratoires,... possèdent des moyens limités et il est donc impossible de pouvoir entretenir autant de collaborations en y attribuant suffisamment de moyens pour réaliser des projets de qualité.

De plus, établir une collaboration avec tous les partenaires potentiels n'est pas forcément utile ou souhaité. Il peut y avoir des concurrents avec qui un acteur n'a pas forcément envie de partager. En outre, les acteurs évitent de manière générale toutes redondances dans les collaborations. Enfin, les stratégies d'organisations mises en place notamment par les

2. Cette hypothèse peut être vérifiée. Si l'on prend une chaîne d'individus qui doivent se transmettre un message, il est fortement probable que le dernier maillon de la chaîne ait un message différent de l'original. Ceci est d'autant plus probable que le message ou les informations seront complexes et que les acteurs n'ont pas forcément intérêt à faire circuler toute l'information.



groupes tendent à partager les différents partenariats entre les structures composant le groupe en fonction des spécificités de celles-ci et de leur localisation géographique. Pour toutes ces raisons, le réseau complet n'existe pas dans les réseaux collaboratifs réels et n'est pas forcément souhaité.

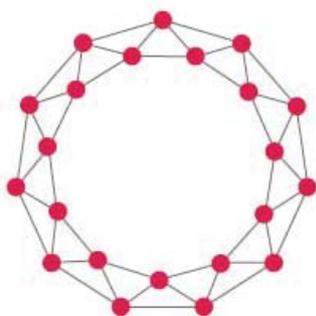
Par ailleurs, dans le cas du réseau complet tous les acteurs ont un positionnement équivalent au sein du réseau, aucun ne se distingue. Malgré le nombre important de liens de chacun, on ne peut pas parler de hubs. Ainsi, le réseau complet, ne possède que deux des trois propriétés requises.

LE «SMALL WORLD-NETWORK»: UNE FORME RECHERCHEE DANS LES RESEAUX D'INNOVATION

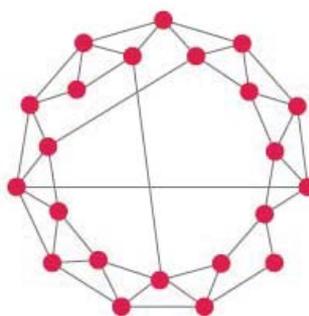
La performance d'un réseau en termes de diffusion de connaissances et donc d'innovation dépend de sa structuration. La littérature académique montre qu'un réseau est d'autant plus efficace qu'il se rapproche d'un "small-world network" ou réseau petit monde.

Pour bien illustrer la notion de "small-world network", celui-ci est comparé à deux autres types de réseaux : un réseau créé de manière aléatoire et un réseau très bien organisé. Les trois réseaux possèdent exactement le même nombre d'acteurs et le même nombre de liens.

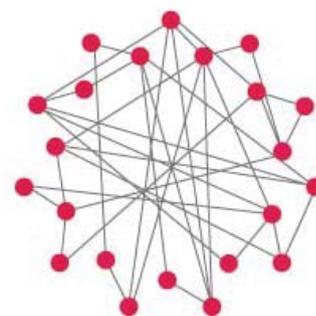
Réseau régulier (organisé)



Small-World Network (SWN)



Réseau aléatoire



Le réseau très bien organisé (à gauche) a un coefficient de cluster élevé puisque la moitié des partenaires d'un même individu ont un lien entre eux. Par contre, ce réseau possède une distance moyenne élevée. A l'opposé, le réseau aléatoire (à droite) possède une distance moyenne faible mais un coefficient de cluster faible.

Entre ces deux extrêmes, il y a le Small-World-Network (au milieu) qui allie à la fois :

- un coefficient de cluster élevé garantissant une certaine interaction entre les acteurs et marquant la présence de sous-groupes (communautés) fortement connectés,
- une distance moyenne faible assurant que ces sous-groupes interagissent entre eux.

Ce réseau est peu différent du réseau organisé visuellement. Toutefois, les quelques liens modifiés impactent positivement la distance moyenne en raccourcissant considérablement les distances entre acteurs situés de part et d'autre du réseau. De plus, un des acteurs comptabilise 5 liens alors que le maximum constaté sur le réseau organisé est de 4. Grâce à ce lien, la centralité de l'acteur par rapport à celle des autres augmente. Cet acteur joue alors le rôle de "hub".

Ce type de réseau favorable à la diffusion de connaissances montre que les acteurs n'ont pas besoin de posséder individuellement un nombre important de collaborations pourvu que la structure du réseau leur permette de communiquer facilement de manière indirecte avec les autres acteurs du réseau.

Le "small-world network" n'est pas associé à une forme particulière mais plutôt à un ensemble de propriétés qui peuvent correspondre à plusieurs réseaux différents.

QUELLES PROPRIETES POUR QUELLE FORME DE RESEAU?

Les deux graphiques ci-après positionnent les différentes formes de réseaux en fonction des trois indicateurs présentés précédemment³ : le coefficient de cluster, la distance et la présence de hubs. Les deux graphiques ont la même abscisse. Un réseau est d'autant plus efficace qu'il est situé dans le coin supérieur droit des deux graphiques. Aucun réseau n'est parfait et ne remplit pleinement toutes les propriétés nécessaires.

La liste de formes de réseaux exposée est non exhaustive. Sur des cas concrets, il n'est pas toujours évident d'identifier clairement la forme d'un réseau, comme c'est le cas sur les illustrations présentées au début de ce document. Plus le nombre d'individus et de collaborations du réseau croît, plus il devient difficile de distinguer nettement la forme du réseau.

Les réseaux de type "ligne" et "cercle" (figures 1 et 2) ont des propriétés très faibles. Ces réseaux n'ont pas de hubs et les transmissions entre acteurs sont très difficiles du fait de la distance moyenne élevée. Ces types de réseau sont considérés comme inefficaces car la quantité et la qualité des connaissances se détériore lorsque le nombre d'intermédiaires augmente. Les réseaux de type « ligne non-régulière » et « cercle irrégulier » (figures 3 et 4) ont des propriétés similaires mais sont un peu plus efficaces grâce à la présence de hubs.

Avoir des hubs est une propriété intéressante encore faut-il en avoir suffisamment. De ce point de vue, un réseau en forme d'étoile (figure 9) n'est pas intéressant. Un seul acteur occupe la position centrale et le réseau dépend entièrement de lui pour lier les autres participants de manière indirecte. Si l'acteur venait à sortir du réseau, ce dernier serait alors inefficace du fait de la non-possibilité pour les acteurs d'échanger même indirectement. Le coefficient de cluster de ce réseau est nul, aucune communauté n'est formée. Les réseaux en forme d'étoiles inter-reliées (figures 7 et 8) ont des propriétés plus équilibrées sur les trois critères. La présence de nombreux hubs permet au réseau de ne pas être dépendant d'un seul acteur. Ainsi, si un des hubs venaient à quitter le réseau, d'autres chemins s'offrent aux autres acteurs pour communiquer entre eux. La notion de réseau de collaboration est alors préservée.

Enfin, les graphiques mettent en avant les propriétés du réseau régulier et du réseau aléatoire (figures 5 et 10) présentées précédemment. Les small-world networks 1 et 3 (figures 11 et 12), qui ont été construits à partir du réseau régulier en le modifiant à la marge et en conservant le nombre de liens⁴, ont des propriétés plus équilibrées. Ces réseaux arrivent à garder un coefficient de cluster assez élevé tout en réduisant sensiblement la distance moyenne au sein du réseau grâce notamment à l'apparition de hubs. Les small-world network 4 et 5 (figures 13 et 14) ont été construits à partir du SWN n°3 en rajoutant des liens supplémentaires. Ces derniers en comblant des "trous" dans le réseau permettent de réduire la distance notamment vers les individus les plus isolés et d'asseoir la position de hubs des individus les plus centraux. Les liens rajoutés améliorent considérablement les performances du réseau, signe qu'un réseau dense avec un peu plus de collaborations est bénéfique.

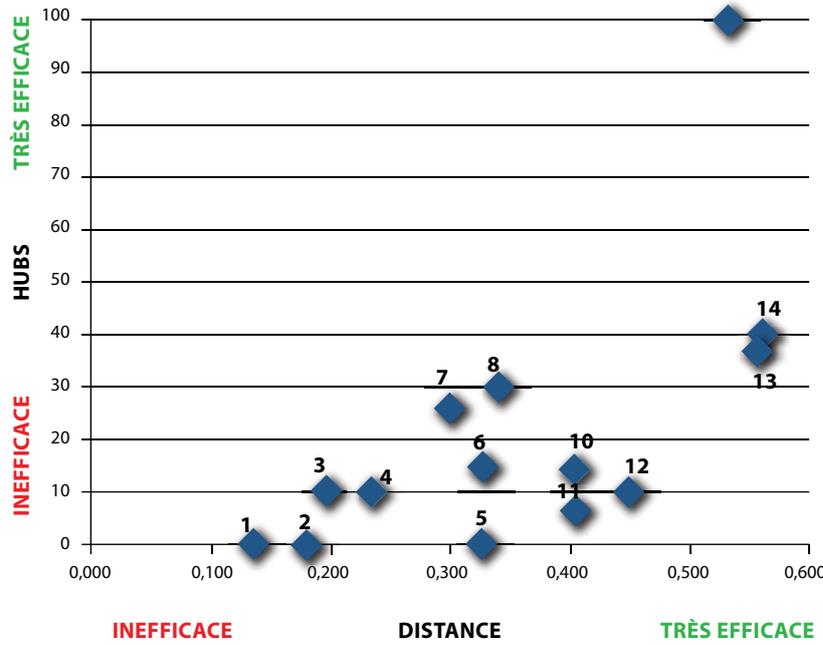
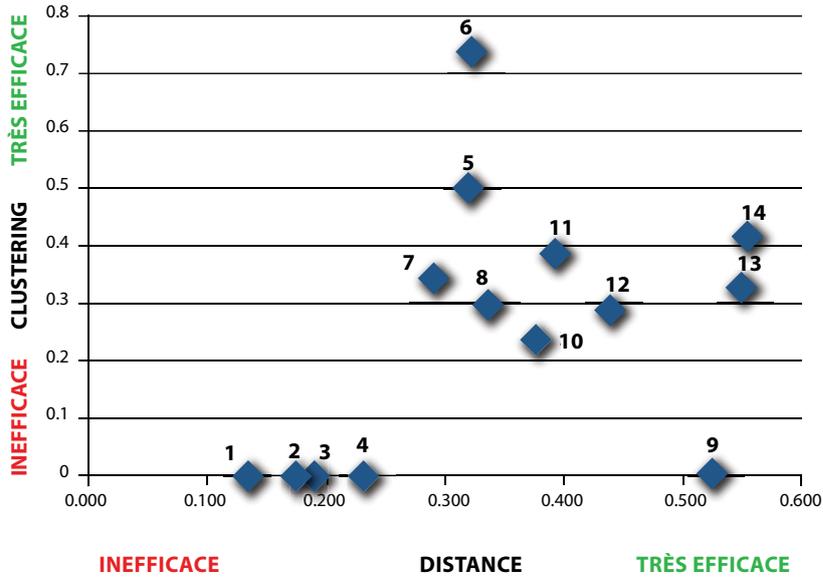
3. D'autres propriétés auraient pu être utilisées pour compléter cette approche, comme:

- La connectivité du réseau (dans les exemples, les réseaux sont tous connexes, c'est-à-dire que tous les agents sont reliés entre eux au moins indirectement)
- La densité, c'est-à-dire la propension des individus à collaborer
- La dépendance aux hubs

4. Le nombre de liens a été conservé mais la distribution des liens entre les individus a été modifiée. On est passé d'une situation où chaque individu possédait le même nombre de liens donc sans hubs à une distance plus hétérogène et l'apparition de hubs.

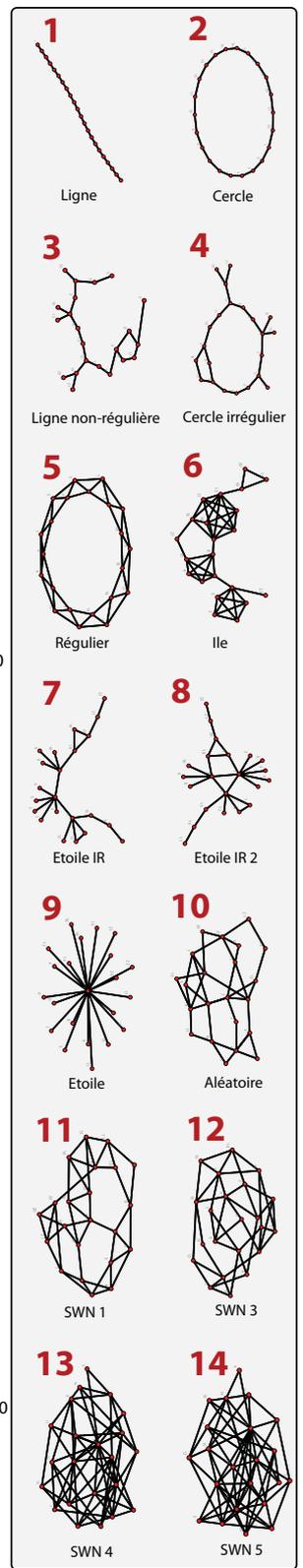


LES PROPRIETES DES DIFFERENTES FORMES DE RESEAU



Synthèse des deux graphiques

n° de la figure	Réseau	Distance moyenne	Coefficient de cluster	Hubs
14	SWN5	0.55	0.417	40.95
13	SWN4	0.55	0.332	36.67
12	SWN3	0.44	0.288	10.48
11	SWN1	0.39	0.391	5.71
10	Aléatoire	0.40	0.241	13.81
5	Régulier	0.32	0.5	0
6	Ile	0.32	0.742	14.29
7	Etoiles inter-relées	0.29	0.342	25.71
8	Etoiles inter-relées 2	0.33	0.294	30
9	Etoile	0.52	0	100
3	Ligne non régulière	0.19	0	10.48
4	Cercle irrégulier	0.23	0	10
2	Cercle	0.17	0	0
1	Ligne	0.13	0	0.48



CONCLUSION

L'analyse des réseaux sociaux s'avère très utile pour analyser les collaborations dans le processus d'innovation. L'apport est double car elle permet de :

1. **diagnostiquer l'efficacité d'un réseau** grâce à des indicateurs calculés à partir des relations existantes entre les acteurs. Dans une approche comparative, il est alors possible d'identifier de manière objective quels sont les réseaux d'innovation qui se rapprochent le plus d'un Small-World Network et qui sont donc les plus efficaces en termes de diffusion de connaissances. Ces réseaux sont particulièrement intéressants car ils constituent un environnement favorable à l'innovation.

2. **repérer les défaillances dans la transmission d'informations et de connaissances** : acteurs isolés, communautés inter-connectées, absence de hubs, distance élevée entre les acteurs... L'identification de ces failles peut donner des pistes d'actions pour renforcer l'efficacité du réseau en essayant d'encourager des rapprochements entre acteurs non connectés. Cette identification doit s'accompagner néanmoins d'une analyse plus qualitative de manière à comprendre les ruptures de transmission : effet de concurrence entre organisations, proximités sectorielle, technologique et/ou scientifique insuffisantes...

POUR ALLER PLUS LOIN...

Un ouvrage de référence

WASSERMAN S et FAUST K. (2007), "Social Network Analysis. Methods and Applications.", Cambridge, University Press, 1ère édition en 1994.

Autres références

BRESHI S. et CUSMANO L. (2004), "Unveiling the structure of an European research area : Emergence of oligarchic networks under E.U. Framework Programmes", International Journal of Technology Management, 27 : 747-782.

FRACHISSE D. (2011), "Structures et déterminants des collaborations au sein des Programmes Cadres de Recherche et Développement Technologique de l'Union Européenne : une perspective réseau", Thèse de doctorat, Université de Saint-Etienne.

MALERBA F., VONORTAS N., BRESHI S. et CASSI L. (2006), "Evaluation of progress towards a European Research Area for Information Society Technologies", CESPRI U Bocconi University.

Etude réalisée par EuroLIO pour la DATAR (2008-2009), "Conception d'un tableau de bord territorialisé de l'innovation - suivi des clusters".

Etude réalisée par EuroLIO pour la DGCIS (2011), "L'impact de la politique des pôles de compétitivité sur le développement des collaborations entre acteurs du processus d'innovation".

Wagner C.S., Thomson R., Tesch T. et Perez R. (2004), "Evaluation of Networks of Collaboration Between Participants in IST Research and their Evolution to Collaborations in the European Research Area (ERA)", Rapport intermédiaire.

EuroLIO est soutenu par



EuroLIO est cofinancé par l'Union européenne dans le cadre du programme Europ' Act. L'Europe s'engage en France avec le Fonds Européen de Développement Régional.

