

Olivier SIRE et Salim LARDJANE

Décembre 2014

RESUME. *Poussés par la dynamique d'Horizons 2020, les territoires se mettent en ordre de marche pour faire face aux défis de ce nouveau programme cadre européen. Pour cela, ils doivent décloisonner leur développement économique, social et environnemental. Dès lors, une approche globale, systémique, s'impose, qui nécessite une méthodologie adaptée aux systèmes complexes. De tels systèmes peuvent être approchés par l'analyse statistique des réseaux sociaux. L'outil VORTEX a été conçu pour étudier le réseau social de l'innovation en Bretagne. L'analyse structurale de ce réseau s'est focalisée sur les liens entre acteurs de niveau 1 des mondes de l'entreprise et de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Deux cliques, au sens de la théorie des graphes, sont identifiées. La première est constituée de 70 acteurs de l'ESR fortement interconnectés de manière directe, la seconde de 150 entreprises qui entretiennent peu de liens directs mais sont fortement interconnectés par des acteurs de niveau 2 (réseaux professionnels) ou 3. Ces deux cliques étant en étroite interaction, forment de facto une quasi-clique constituant ainsi ce que nous appellerons le cœur de l'innovation en Bretagne.*

ABSTRACT. *Driven by the Horizon 2020 European dynamics, the territories are now facing a new form of national and international competition. This implies to open up their economic, social and environmental development systems and to turn towards a global systemic approach better adapted for dealing with complexity. Complex systems can be usefully approached by social network analysis. Hence, the VORTEX utility has been designed to investigate the social network of innovation in Brittany. The structural analysis of this network, as conducted here, focuses on level 1 stakeholders such as companies, research laboratories and higher education institutions. Two cliques, in the sense of graph theory, have been identified. The first one is made of 70 highly interconnected nodes from the higher education and public research sphere, the second is made of 150 companies which are mainly interconnected via level 2 nodes such as technology parks or knowledge clusters. These two clusters exhibiting a high density of interconnection, we propose to view them as the core of innovation in Brittany.*

Mots clés : innovation, réseaux sociaux, systémique, Bretagne

1. La question du maillage territorial

L'intelligence territoriale¹ est perçue aujourd'hui comme un levier, non pas pour sortir de la crise, ce qui n'a plus de sens, mais pour accélérer et faciliter la mutation entre un système arrivé à ses limites et ce qui ressemble fort à une renaissance. La difficulté est que le premier « bouge encore » tandis que le second peine à poindre dans un temps de plus en plus chaotique. Cette « vallée de la mort » est à la fois terrible à vivre mais également passionnante, car elle demande à tous, à chacun, de

repenser le monde, son monde. Donc : autres temps, autres dynamiques. La solidarité, et son pendant opérationnel qu'est la cohérence, n'est plus *seulement* une haute valeur humaine mais, de manière tout à fait triviale, est devenue une absolue nécessité. Dès lors, à quelles échelles de temps et d'espaces pouvons-nous concevoir ce qui, au final, dessinera notre « nouveau monde » ? L'intelligence territoriale nous livre quelques pistes et quelques outils pour construire un diagnostic, observer et évaluer les processus en action dans nos territoires et ceci à une échelle locale qui a la grande vertu de réincarner la politique et de co-construire des stratégies appropriables par les acteurs locaux. La mondialisation ne concerne pas que Shanghai, Londres

¹ L'intelligence territoriale est la science qui a pour objet le développement durable des territoires et qui a pour sujet la communauté territoriale.

ou Sao Paulo, elle est à l'œuvre ici, sous nos pieds. En effet, pour le meilleur ou pour le pire, la compétitivité marque de son empreinte une large partie de nos réalités territoriales (Ardinat, 2013).

1.1 Le "modèle" Breton

La région Bretagne, terrain de la présente étude, représente un territoire peuplé de 3,3 M d'habitants² (chiffre 2013) pour une superficie de 34 000 km² environ, supérieure donc à celle de la Belgique. Ce qui la caractérise, de manière non exclusive, c'est son maillage urbain. À elle seules, les deux métropoles régionales, *Rennes Métropole* et *Brest Métropole Océane*, ne drainent au mieux que 20% de la population régionale. Une étude récente (L'armature urbaine bretonne, 2012) a mis en exergue un réseau de villes moyennes et plus encore un véritable continuum dans la distribution statistique de la taille des agglomérations. Nous soulignons (Sire, 2012) l'importance d'un maillage stratégique des villes moyennes pour accompagner le développement métropolitain et prévenir les distorsions de développement que l'on peut observer dans d'autres régions françaises. *Le débat « métropole contre territoires » doit être dépassé, il faut une région qui se développe par tous ses territoires* affirme le CESER de Bretagne (Laplanche et Uguen, 2013). Des territoires ruraux aux métropoles, une dynamique régionale doit se concevoir dans une vision globale, multi-échelle, avec des stratégies et des leviers distincts car propres à chaque échelle. Le projet VORTEX, présenté dans le cadre de cette étude, vise justement à donner une vision plus fine, car fonctionnelle plus qu'administrative, des liens qui unissent les divers acteurs du développement territorial, particulièrement dans le champ complexe de l'innovation.

En effet, le maillage territorial constitue une réalité et un atout. Concernant l'Enseignement Supérieur et la Recherche (ESR), ce maillage repose sur une organisation polycentrique originale qui doit beaucoup au phénomène d'essaimage qui a débuté en Bretagne à partir de l'université de Rennes, elle-même créée dans les années '50. En 1971, se produit la scission pour former les universités de Rennes 1 et Rennes 2³ tandis que l'université de Bretagne Occidentale (UBO) passe du statut de Collège scientifique universitaire, annexe de Rennes, à celui d'une université de plein exercice. Plus récemment, en 1995, dans le cadre de la mise en œuvre du *Plan Université 2000*, l'Université de Bretagne-Sud (UBS) est créée à partir d'antennes rennaise et brestoïse. Ce maillage s'est trouvé simultanément renforcé par huit IUT et une vingtaine d'écoles distribués sur tout le territoire.

² Equivalente à celle de l'Uruguay.

³ Ces deux universités viennent de prendre la décision de fusionner en 2016.

Pour ce qui est des entreprises, les principaux facteurs maillants sont un réseau de sept technopoles⁴, trois pôles de compétitivité (Mer, Valorial et Image&Réseau)⁵ ainsi qu'un certain nombre de centres de transfert et d'innovation. Comme partout, des réseaux professionnels dédiés (Bretagne Commerce International BCI) ou plus généraux comme le Centre des Jeunes Dirigeants (CJD), avec ses déclinaisons départementales et urbaines, viennent compléter le dispositif. Les structures intégratrices en région sont le PRES Université Européenne de Bretagne (UEB) pour l'ESR et Bretagne Développement Innovation (BDI) pour les acteurs économiques.

1.2 L'approche systémique

L'approche systémique s'est développée pour appréhender les systèmes complexes, caractérisés par un grand nombre d'acteurs interagissant entre eux de multiples manières. En Bretagne comme dans d'autres régions, technopoles, pôles de compétitivités, RTRA⁶, centres de formations et de recherche, structures de transferts, collectivités locales, peinent à faire émerger une dynamique globale sur un territoire donné. Dans bien des cas, on peut y voir la conséquence de visions partielles ou d'interfaces public-privé, notamment en R&D&I, inefficaces bien que pléthoriques. Dans les faits, les cultures professionnelles s'ignorent, voire s'affrontent.

Les outils ne manquent pas, mais sont-ils en phase avec les attentes ? Où les différents mondes évoqués ci-dessus se rencontrent-ils ? Quel est le poids de structures qui cherchent à être visibles pour elles-mêmes ou, plus prosaïquement, à durer ? Pour comprendre le hiatus, il faut analyser le processus de mise en place d'un projet, d'une action, pour le développement dans un territoire donné. Une structure porteuse cadre son projet sur le périmètre qui est le sien, ce que l'on peut appeler un territoire institutionnel. Quelle que soit la nature du projet, elle conçoit rarement de mener son action au-delà. Ceci vient du fait que ces structures sont avant tout des opérateurs. Les boussoles s'affolent quand *La* question stratégique vient à être abordée de front. Chacun considère que sa « stratégie » est la vapeur qui émane de l'ensemble des activités qu'il mène. Si maintenant l'on s'attache vraiment à la définition d'une stratégie, ne doit-on pas inverser le paradigme institution → territoire → projet ?

Ceci implique que le projet —définir une stratégie pour l'innovation ou l'ouverture à l'international par

⁴ Rennes Atalante, Brest-Iroise, Lorient Technopole Innovation, Vannes Innovation Promotion Expansion, Zoopole Ploufragan, Quimper-Cornouaille et Anticipa Lannion-Trégor.

⁵ Le pôle ID4CAR est réparti entre les régions Pays de la Loire, Bretagne et Poitou-Charentes ; il est lui-même contractant du pôle ligérien EMC2.

⁶ Voués à disparaître, comme les PRES pour une meilleure lisibilité ?

exemple— ne doit pas être territorialisé *a priori*, qu'il ne doit donc pas être borné, à ce stade, par des limites géographiques, administratives ou sectorielles. La connaissance de l'écosystème du territoire permet seule de définir le périmètre pertinent pour ce projet. Il est donc urgent de définir un cadre souple et une méthodologie adaptative pour structurer et dynamiser les politiques de développement des territoires et ce, de manière harmonieuse et solidaire. Ce cadre doit permettre la mise en œuvre des potentiels de *territoires* pouvant être compris comme des entités géographiques, culturelles ou administratives (de la Région au bassin d'emploi) ou comme des espaces de projets sans limitation conventionnelle de périmètre mais plutôt à ossature thématique. Le projet détermine donc le territoire, à condition qu'il prenne en compte ses singularités. La Figure 1 illustre cette nécessité car on y voit que le réseau social de l'innovation en Bretagne étend ses ramifications bien au-delà du périmètre régional. Ce qui se passe en région intègre donc les dynamiques d'acteurs œuvrant à d'autres échelles.

Il n'est pas anodin de constater que le Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (SRESR) et son pendant, la Stratégie Régionale de Développement Économique, d'Innovation et d'Internationalisation (SRDE2I) qui ont été votés à l'automne 2013 par le Conseil régional de Bretagne reposent tous deux sur une approche délibérément systémique. Le souci de la mise en cohérence des acteurs a (enfin) pris le dessus par rapport à des opérations visant à déployer de nouveaux dispositifs au rythme du constat des inefficacités opérationnelles, souvent pour des questions d'accessibilité ou de visibilité. Ce souci de décloisonnement des acteurs et des dispositifs est également patent dans la *Déclaration de Vilnius* (Vilnius Déclaration, 24 septembre 2013) par laquelle s'exprime la Commission européenne pour la recherche, l'innovation et la science en stipulant, comme toute première résolution : « *Innovation is a matter of change in organisations and institutions as well as technologies* »⁷. Il importe donc de décloisonner les systèmes afin de développer l'innovation organisationnelle qui nous fait tant défaut⁸. La cohésion des réseaux existants repose sur la multiplicité des interactions entre acteurs; elle est le garant de sa solidarité. Nous avons à révéler l'intelligence collective à l'œuvre dans les territoires. Il s'agit ici d'instaurer une démarche projet qui transgresse délibérément les logiques de structures.

1.3 Vers une approche systémique du territoire

⁷ L'innovation est une question de changement dans les organisations, les institutions, autant que dans les technologies. (*Vilnius Declaration, Horizons for social sciences and humanities*).

⁸ Sans doute parce qu'elle demande une remise en cause de nos visions, habitudes et pratiques. Le lecteur est renvoyé au concept de la « roue du changement ».

Il est donc urgent de dépasser la simple logique de pure compétition, de *ranking*, pour évoluer vers une logique de réseaux basée sur une vision globale et partagée des acteurs : les écosystèmes territoriaux – du bassin d'emploi à l'Europe– englobent les écosystèmes de l'ESRI. Prendre en compte des fonctionnements souvent informels dans un cadre juridique assoupli et adapté est la clé d'un développement concerté, solidaire, auquel nos sociétés aspirent. Nous devons prendre en compte non pas des institutions, mais des flux (biens, information, culture,...). L'analyse des réseaux sociaux des acteurs locaux nous y aident. La théorie des graphes permet de caractériser, dans un espace dédié, les distances qui séparent ou rapprochent les différents acteurs de l'écosystème économique, organisationnel et social breton. Cet *espace projet* dans lequel ils agissent n'est pas territorialisé *a priori* puisqu'il se dessine *a posteriori* et se remodèle en permanence en fonction des liens associant les nœuds du réseau. Un tel outil permet non seulement de faire des constats, mais aussi –et c'est cela qui importe– de se placer dans la perspective opérationnelle de l'élu-stratège. Renseigné en termes de filières et de localisations territoriales, le réseau d'acteurs interconnectés constitue un outil d'aide à la décision appréciable pour promouvoir un consortium inter-filière (nautisme et TIC par exemple) ou pour identifier les points de faiblesse du maillage territorial local. À titre indicatif, la très grande majorité (> 85%) des entreprises et centres de transfert répertoriés dans la base de données VORTEX sont dans la sphère d'influence d'une ville moyenne. On entrevoit le potentiel inexploité de nos territoires.

En aucun cas il ne s'agit, dans la démarche proposée, d'ajouter une énième strate au millefeuille territorial mais bien plutôt d'élargir « l'horizon radar » des décideurs qui ont besoin de répondre à cette simple question : « Qui travaille avec qui sur mon territoire ? ». Le but de cette étude est donc d'identifier comment se structure le réseau de ces acteurs. Sur cette base, il devient alors possible de renforcer le maillage territorial, c'est-à-dire de créer du lien entre acteurs du développement des territoires. Ces liens doivent reposer sur une logique de projets, d'activité et d'ambitions partagées. L'atteinte de ces ambitions repose sur la capacité des acteurs locaux à promouvoir collectivement des actions structurantes déjà initiées ou à inventer, permettant de consolider l'attractivité et la visibilité du territoire.

2. Le réseau social de l'innovation en Bretagne

Du point de vue méthodologique, le projet VORTEX⁹ met en œuvre les outils mathématiques, statistiques et informatiques dédiés à l'étude des systèmes complexes (Butts, 2008; Goodreau, Handcock, Hunter, Butts & Morris, 2008; Combe, LARGERON, EGYED-ZSIGMOND & GERY, 2010; Newman, 2010; Enemark 2012) comme les

⁹ www.projetdeterritoire-vortex.eu

réseaux sociaux sans échelle¹⁰. Ces outils permettent de caractériser la structure des réseaux analysés et, à partir de leurs propriétés, de concevoir une stratégie, de lever des consortia pour répondre aux appels d'offres ou encore d'identifier la distribution et le degré de connectivité des acteurs d'une filière sur un territoire donné.

Le projet VORTEX repose sur la collecte d'informations saisies dans une base de données « acteurs » avec les attributs : appellation, statut, localisation géographique, domaines et niveau d'activité et « liens » avec les attributs : source, cible, force, directionnel ou non, nature. Le tableau 1 présente les niveaux et types d'acteurs pris en compte pour constituer la base de données, tandis que le tableau 2 montre leur répartition géographique. Les données ont été recueillies entre janvier 2012 et août 2013. La collecte s'est opérée de manière distincte pour le monde des entreprises et celui de l'ESR. Les données relatives aux entreprises, et leurs liens, ont été collectées à partir des listes d'adhérents de réseaux professionnels, de technopoles, de centres de transfert, de pôles de compétitivité, d'annuaires (biotechnologies, filière lait,...) ou de listings de participants à des événements sur des thématiques innovantes comme les énergies marines. En ce qui concerne les laboratoires de recherche, les données reposent sur l'agrégation des partenariats déclarés par les laboratoires eux-mêmes et référencés par le moteur de recherche *Technoscience*¹¹ du PRES UEB. Plus largement, les informations relatives aux liens entre acteurs relèvent soit de l'adhésion à un réseau, soit de partenariats déclarés sur le web des acteurs, soit d'informations diffusées dans la presse régionale et/ou professionnelle sur des projets innovants menés conjointement par deux acteurs ou plus.

3 Analyse statistique du réseau

La méthode adoptée dans cette étude est dite structurale : elle part de l'observation des interdépendances et de l'absence d'interdépendances entre les membres d'un milieu social organisé et cherche à en donner une représentation simplifiée, appelée structure (Bakis 1993, Lazega 2007, Mercklé 2011). Dans ce travail, une relation sociale est comprise comme l'existence d'un canal pour le transfert ou l'échange de ressources, en l'occurrence d'informations et d'innovations que ce soit *via* l'adhésion à une structure de coordination commune, *via* une collaboration directe, ou *via* la participation conjointe à un événement centré sur l'innovation qui dénote une recherche de stratégie dans le domaine correspondant.

Le réseau étudié dans ce travail est de nature hybride. Il ne s'agit ni d'un réseau complet, ni d'un réseau

personnel *stricto sensu*. On peut le considérer comme un réseau multi-personnel centré sur un certain nombre d'acteurs historiques de l'innovation en Bretagne, du point de vue des Etablissements Supérieurs de Recherche, et sur les adhérents à un certain nombre de structures de coordination de l'innovation en ce qui concerne les entreprises; pour ces dernières, on s'est donc basé sur des annuaires.

On se limitera, dans ce travail, aux acteurs et aux relations entre acteurs identifiés dans la base de données VORTEX. On n'abordera pas dans cette partie la question de la représentativité des données recueillies. De ce fait, les frontières du réseau étudié sont clairement délimitées mais on verra que la méthodologie proposée permet de problématiser celles-ci.

La relation étudiée, ainsi qu'on l'a déjà mentionnée, est l'existence d'un canal d'échange d'informations entre deux acteurs. Celui-ci constitue notre variable relationnelle ou structurale. Trois niveaux d'acteurs sont distingués. Dans le cas des ESR par exemple, ont été catégorisés comme acteurs de niveau 1 les laboratoires, les écoles, les UFR; comme acteurs de niveau 2, les universités, notamment, et comme acteurs de niveau 3 les structures rassemblant plusieurs universités; essentiellement l'UEB. Une catégorisation analogue a été adoptée pour les entreprises.

Pour des raisons méthodologiques, mais aussi par nécessité d'avoir une base d'acteurs de même nature et de même niveau de complexité, l'étude se limite à l'examen des relations entre acteurs de niveau 1. Ces relations sont établies de plusieurs façons : elles peuvent apparaître directement dans la base, s'il existe une relation de collaboration directe entre deux acteurs de niveau 1 ou s'ils ont participé à un même événement centré sur l'innovation. Ceci fournit un noyau de relations que nous appellerons « relations directes » entre acteurs. Nous avons choisi de compléter ce noyau de relations par des relations que nous appellerons « relations induites », qui sont des relations passant par des acteurs de niveau supérieur; par exemple, deux entreprises peuvent collaborer sur un même projet ou participer à un même événement centré sur l'innovation, auquel cas leur relation est qualifiée de directe; ou adhérer à un même pôle de compétitivité, auquel cas la relation créée du fait de leur adhésion commune est qualifiée d'induite. Dans les deux cas, ce qui nous intéresse, c'est l'existence d'un canal d'échange de l'information, ressource vitale pour l'innovation. Plus généralement, on considère que tous les acteurs de niveau 3 « mettent en relation » tous les acteurs de niveau 1 et 2 avec lesquels ils sont liés dans la base VORTEX et que les acteurs de niveau 2 « mettent en relation » tous les acteurs de niveau 1 auxquels ils sont liés dans cette même base. Notons que cette « mise en relation » correspond à l'existence d'un canal d'échange de l'information et de l'innovation et ne doit pas être interprétée comme une mise en relation directe. De cette façon, il est possible d'extraire de la base uniquement les

¹⁰ Les plus représentatifs de cette catégorie sont l'Internet ou les liaisons aériennes

¹¹ <http://technosciences.ueb.eu/>

acteurs de niveau 1 et de considérer le réseau constitué des relations directes ou induites entre ces acteurs.

Décrire la structure relationnelle d'un système social consiste d'abord à identifier, dans le cadre d'une démarche inductive, des sous-ensembles d'acteurs à l'intérieur du système (Lazega, 2007). Dans ce travail, ces sous-ensembles sont reconstitués à partir de la notion de clique. S'inspirant de la théorie des graphes, nous appelons *clique*, sans nuance péjorative, tout ensemble d'acteurs tous en relations les uns avec les autres et clique maximale une clique qui n'est contenue dans aucune autre clique. Une clique maximale est également appelée sous-groupe cohésif dans le cadre de cette étude; dans le vocabulaire standard de la méthode structurale, cela correspond plus généralement à un groupe d'acteurs dont les relations sont fortes, intenses et directes (Lazega, 2007). Ces sous-groupes ont une existence objective car relativement plus cohésifs, comparés au reste du réseau. Partant de la notion de clique, on définit ensuite pour chaque acteur son *profil relationnel*, qui donne, pour tout autre acteur, le nombre de cliques maximales auxquelles ils appartiennent conjointement. En rangeant en lignes ces profils relationnels, on obtient une matrice de *coappartenance* qui indique à combien de sous-groupes cohésifs deux individus du réseau appartiennent en commun. Cette matrice est clairement symétrique.

Dans cette étude, nous considérerons que deux acteurs sont structurellement proches si leurs profils relationnels sont proches au sens de la distance euclidienne. En calculant les distances entre profils relationnels des différents acteurs, on obtient une matrice de dissimilarité entre acteurs. On peut alors effectuer une Classification Ascendante Hiérarchique sur cette matrice de dissimilarité - dans ce travail, par la méthode de Ward (Saporta 2011, p. 258) - de façon à dégager des sous-ensembles d'individus intégrés dans le réseau de manière relativement similaire, c'est-à-dire ce qui s'appelle, dans le cadre de la méthode structurale, des *positions* (Lazega 2007, p. 59). Des acteurs occupant la même position sont, peu ou prou, substituables au sein du réseau.

Dans le cadre du problème qui nous intéresse, une clique maximale peut être interprétée comme un cercle de partage de l'information; ainsi, deux acteurs structurellement proches ont essentiellement le même accès aux informations circulant dans le réseau; c'est en ce sens qu'ils peuvent être considérés comme substituables. Dans ce cadre, une *position* correspond à un sous-ensemble d'acteurs qui « se positionnent » de façon similaire dans le réseau en termes de choix d'appartenance à tel ou tel cercle de partage de l'information.

La densité du lien entre deux positions est définie comme le rapport entre le nombre de relations distinctes entre acteurs occupant ces positions et le nombre de relations possibles entre acteurs occupant ces positions. La notion de force du lien entre positions est ensuite définie à partir de cette notion de densité : dans le cadre

de ce travail, le lien entre deux positions est d'autant plus fort que les relations qui les relient sont denses. Ceci peut être utilisé pour donner une représentation des positions et de la densité des relations qui les lient sous la forme d'un graphe. Notons que toutes les représentations de réseaux sociaux qui sont données dans la suite sont obtenues à l'aide de l'algorithme de Kamada-Kawai (Kamada, Kawai, 1989). Afin d'interpréter les positions obtenues, on a recours aux notions de densité et de centralité définies dans le cadre de la théorie des graphes. Plus précisément, on calcule la densité (Lazega 2007, p. 45) des différents sous-groupes cohésifs obtenus et les centralités - de degré, d'intermédiarité, de proximité - moyennes des acteurs y appartenant, ces différentes centralités servant toutes à quantifier l'« importance » des acteurs dans le réseau, bien qu'il n'y ait pas consensus sur leur interprétation (Lazega 2007, p. 45).

L'analyse des profils relationnels de l'ESR par une classification ascendante hiérarchique (méthode de Ward) permet de mettre en évidence trois classes de densité décroissante. La classe 1 (70 éléments) est une clique (donc de densité 1), la classe 2 (129 éléments) est assez dense (densité 0,67) et la classe 3 (510 éléments) est très peu dense (densité < 0,01). L'examen de la valeur moyenne de différents indicateurs de centralité (intermédiarité, degré, spectre) montre que celle-ci décroît de la première à la deuxième classe et de la deuxième à la troisième. Ainsi, la partition en trois classes obtenue correspond à une partition en classes de centralités décroissantes, que nous appellerons *cœur du réseau*, *première couronne* du réseau et deuxième couronne ou *périphérie* du réseau. Cette structuration est mise en évidence par la Figure 2. On obtient ainsi une structuration concentrique des trois classes. Les ESR de la base VORTEX apparaissent donc, d'un point de vue relationnel, structurés autour d'une clique (au sens de la théorie des graphes) de 70 ESR; sans surprise, ceux-ci correspondent aux grands laboratoires de recherche de Bretagne (50 %), aux écoles d'ingénieurs (24 %) et à des organismes d'enseignement supérieur (26 %); ces acteurs sont par ailleurs affiliés aux différentes universités bretonnes, mais également au CNRS et au CEA, par exemple.

En ce qui concerne les entreprises, on obtient une structuration tout à fait analogue, mais avec une périphérie plus dense. Plus précisément, la première classe, que nous appellerons *cœur du réseau des Entreprises* est une clique de 150 entreprises; elle est donc de densité 1. Ce *cœur de réseau* est essentiellement constitué de PME des filières IAA (41 %), TIC (26 %), Services (16 %) et Mer (8 %). La deuxième classe est composée de 1 003 entreprises; elle est assez dense (densité 0,78) et constitue une première couronne autour du cœur du réseau. La troisième classe, composée de 806 éléments est peu dense (densité 0,26) mais de densité tout de même 200 fois plus élevée que celle de la périphérie des ESR. Ici également, la centralité moyenne par classe décroît du cœur de réseau à la première

couronne et de la première couronne à la périphérie, pour les différents indicateurs de centralité retenus (intermédiarité, degré, spectre). On retrouve de même cette structuration en couronnes concentriques dans la représentation graphique de la Figure 3 obtenue à l'aide de l'algorithme de Kamada-Kawai. Trois positions ont pu ainsi être dégagées au sein du réseau des ESR comme au sein du réseau des entreprises; dans les deux cas, on appellera la première position *cœur de réseau*, la seconde *première couronne* et la troisième, *périphérie*.

On considèrera que deux positions sont en relation dès lors que deux acteurs occupant chacune des positions sont en relations dans le réseau initial. La force de cette relation entre positions est définie comme le rapport entre le nombre de telles relations entre acteurs des deux positions et le nombre théoriquement possible de telles relations (ce dernier n'est autre que le produit des effectifs des deux positions).

Un nouveau réseau est alors défini dont les acteurs correspondent aux différentes positions et où les relations entre positions sont plus ou moins fortes selon que les relations entre éléments des positions dans le réseau initial sont plus ou moins denses. Formellement, on définit ainsi un graphe dont les sommets correspondent aux différentes positions et où les arcs sont pondérés par la force des relations entre les positions. Le graphe ainsi défini donne une représentation « macroscopique » du réseau initial et peut être représenté graphiquement à l'aide de l'algorithme de Fruchterman-Reingold avec pondération sur les arcs (Fruchterman, Reingold 1991). Dans le cas qui nous intéresse, celui des positions des ESR et Entreprises de la base VORTEX, nous obtenons la représentation donnée par la Figure 4.

Sur ce graphique, EXT désigne l'ensemble des acteurs de la base VORTEX qui ne sont ni des Entreprises, ni des ESR et les diamètres des différents cercles sont proportionnels à la densité des positions (classes) correspondantes. On remarque de façon immédiate sur le graphique la proximité des positions ESR1 et ENT1, correspondant aux cœurs du réseau des ESR et des entreprises, respectivement. De fait, la force de la relation entre ces deux positions est quasiment égale à 1, c'est-à-dire que la réunion des deux positions constitue pratiquement une clique (au sens de la théorie des graphes) dans la base VORTEX. Nous proposons d'appeler cette quasi-clique « cœur de l'innovation » en Bretagne; il s'agit d'un ensemble d'ESR et d'entreprises structurés de façon à garantir un partage maximal de l'information et donc de l'innovation. Notons toutefois que le lien entre ESR1 et ENT1 est surtout le fait d'acteurs de niveau 2 ou 3 de la base VORTEX, et assez peu le fait de contacts directs; quatorze entreprises seulement de ENT1 sont impliquées dans des contacts directs avec des ESR de ESR1.

Notons également que les relations directes sont assez développées pour le cœur du réseau des ESR, alors que la situation est radicalement différente pour le cœur du

réseau des Entreprises, puisque la base VORTEX ne recense qu'une relation directe entre entreprises de ce groupe. Ainsi, le cœur du réseau des ESR apparaît interconnecté de façon directe en plus d'être interconnecté via des structures de niveau supérieur alors que cœur du réseau des Entreprises apparaît être interconnecté essentiellement via des structures de niveau supérieur, telles que pôles de compétitivité ou technopôles, que ce soit entre elles ou avec des ESR.

Revenant à notre représentation macroscopique de la base VORTEX, signalons également que EXT, ESR3 et ENT3 apparaissent comme des « ponts » ou « portails » vers l'extérieur du réseau, ainsi que c'est confirmé par une comparaison des centralités d'intermédiarité et spectrale associées. Ils déterminent les « frontières » du réseau observé.

4. Conclusions

L'analyse structurale des relations entre ESR et entreprises de la base VORTEX a mis en évidence la structure centralisée de l'innovation en Bretagne, que ce soit au niveau des ESR ou des entreprises; dans les deux cas, on observe une structuration concentrique avec une clique au centre du réseau; 70 ESR et 150 entreprises de niveau 1 ont ainsi été identifiés que nous proposons de qualifier de « cœur de l'innovation » en Bretagne, ces deux groupes étant fortement connectés entre eux *via* des structures de niveau supérieur telles que des pôles de compétitivité ou des technopôles. Il est montré que ces 70 ESR sont relativement bien connectées les unes aux autres de façon directe alors que les 150 entreprises sont peu interconnectées par des relations directes. On en déduit que les structures de niveau supérieur jouent un rôle essentiel dans la circulation des informations et donc de l'innovation au sein des entreprises et dans leur mise en relation avec le monde académique mais qu'elles jouent, de ce point de vue, un rôle sans doute moindre pour les ESR.

Au-delà de l'étude structurale présentée ici, l'analyse du réseau social de l'innovation en Bretagne doit permettre d'arrêter des stratégies d'innovation inter-filières basée sur la connaissance des connexions entre acteurs sans préjuger de leur répartition géographique. Le « cœur » identifié par cette étude semble une bonne cible pour des études sur, ou des politiques de, l'innovation. Par ailleurs, l'identification de « portails » (les *gate-keepers* anglo-saxons) permet de faire circuler efficacement un flux d'information destiné à gagner un sous-ensemble du réseau, et à partir de là, de faire émerger une stratégie commune aux acteurs concernés. Des réflexions plus poussées sont également à conduire sur la nature des liens puisque des possibilités sont offertes pour quantifier et qualifier plus finement les liens directs entre acteurs. Le potentiel que représente l'analyse des réseaux sociaux de l'innovation est vaste. Il est temps que les acteurs s'en emparent.

L'ensemble des traitements statistiques effectués dans le cadre de ce travail ont été réalisés à l'aide des packages *igraph* et *statnet* et de diverses fonctions standard du logiciel R (R Core Team, 2013).

Remerciements. Les auteurs tiennent à remercier Lorient Technopole Innovation pour son soutien à la constitution de l'interface de consultation de la BDD VORTEX et AUDELOR pour l'aide apportée à la saisie des informations figurant dans cette base. Le site web www.projetdeterritoire-vortex.eu ainsi que l'interface de consultation de la base ont été réalisés par Steve Cottonnec, lors de son stage de DUT 2^{ème} année à l'IUT de Vannes.

Bibliographie

Ardinat, G., 2013. *Géographie de la compétitivité*. PUF.

Bakis, H., 1993. *Les réseaux et leurs enjeux sociaux*. PUF.

Butts, C. T., 2008. Network: A package for managing relational data in R. *J. Stat. Software* 24, 1-36.

Combe, D., LARGERON, C., EGYED-ZSIGMOND, E. & GERY, M., 2010. A comparative study of social network analysis tools. Int. Workshop on Web Intelligence and Virtual Enterprises 2.

Enemark, D., McCubbins, M.D., Weller, N., 2012. Knowledge and networks: An experimental test of how network knowledge affects coordination. *Soc. Netw.*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.socnet.2012.10.001>

Fruchterman, T. M. J., Reingold, E. M., 1991. Graph Drawing by Force-Directed Placement. *Software : Practice and Experience*, 21 (11), 1129-1164.

Girardot, J.-J., 2010. Inteligencia Territorial y Transición Socio-Ecológica. *Revista Trabajo, Huelva* 23, 15-39.

Goodreau, S.M., Handcock, M.S., Hunter, D.R., Butts, C.T. & Morris, M., 2008. A statnet tutorial. *J. Stat. Software* 24, 1-26.

Kamada, T., Kawai, S., 1989. An algorithm for drawing general undirected graphs. *Information Processing Letters* 31, 7-15.

L'armature urbaine bretonne, 2012. Agences d'urbanisme et de développement de Bretagne.

Laplanche, A. et Uguen, J., 2013. Les Dynamiques territoriales de Bretagne en questions. CESER de Bretagne.

Lazega, E., 2007. *Réseaux Sociaux et Structures Relationnelles*. PUF.

Mercklé, P., 2011. *Sociologie des réseaux sociaux*. La Découverte.

Newman, M.E.J., 2010. *Networks. An introduction*. Oxford University Press.

R Core Team, 2013. *R : A Language and Environment for Statistical Computing*, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.

Saporta, G., 2011. *Probabilités, Analyse des données et Statistique*, Technip.

Sire, O., 2012. Un réseau de villes moyennes pour gagner : le pari du maillage territorial. *Pouvoirs locaux* 95, 15-21.

Tableau 1. Typologie des acteurs

Niveau	Entités		nœuds
	Milieu socio-économique	ESRI	
1 (acteurs)	Entreprises (65,6%)	Laboratoires publics (22%) Lycées impliqués dans PFT (0,8%)	3072
2 (regroupements)	Réseaux professionnels et Pôles de compétitivité (5%) Centres de transfert et Technopoles (1,34%) Agences de développement et Chambres consulaires (3,3%)	Universités Organismes de recherche Plates-Formes Technologiques (1%)	376
3 (intégrateurs)	PRES UEB (COMUE ?)	Bretagne Développement Innovation	11
Total			3459

Les pourcentages se rapportent à la totalité des acteurs saisis dans la base de données pour les catégories les plus significatives de par leur nombre de nœuds.

Tableau 2. Origine géographique des acteurs

Zones géographiques	(%)
22 Côte d'Armor	17,4
35 Ille-et-Vilaine	21,4
29 Finistère	18,9
56 Morbihan	12,1
44 Loire-Atlantique	5,6
75 Paris	5,6
Autres départements	17,0
International	2,0
Total	100

Répartition géographique des acteurs, tous statuts confondus, recensés dans la base VORTEX. Les acteurs hors Bretagne correspondent à des partenaires déclarés par des acteurs bretons.

Figure 1. Le réseau de l'innovation breton

Le réseau social de l'innovation en Bretagne étend ses racines bien au-delà de l'espace régional comme le montre ce graphique qui géoréférence les acteurs présents dans la base VORTEX. Par souci de clarté, les liens à l'international ne sont pas représentés. Ce même type de structuration s'observe également aux échelles infrarégionales puisque les acteurs d'un bassin d'emploi sont, eux-aussi, en liaison avec d'autres bassins. Il n'existe donc pas de frontières étanches entre ces différents clusters ce qui implique que l'action locale doit tenir compte des opportunités et ouvertures qu'offre le réseau global.

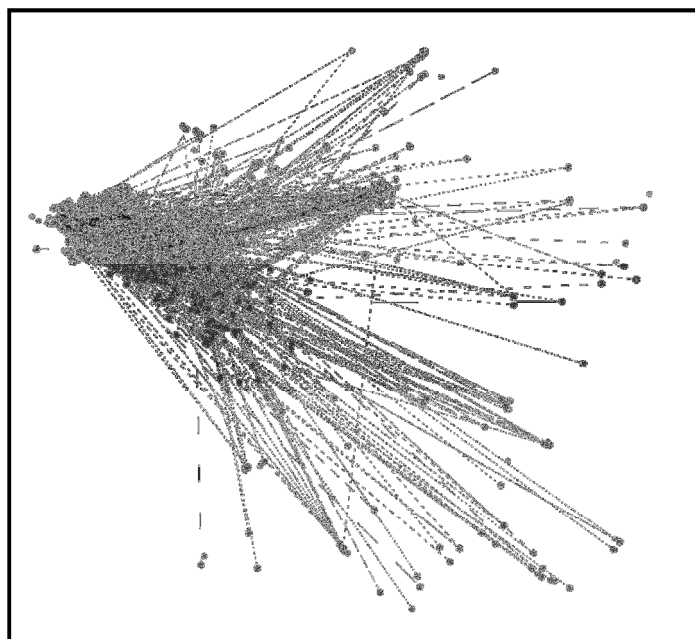


Figure 2. **Les trois classes de centralité du réseau des ESR.**

L'algorithme de Kamada-Kawai positionne la classe 1 du réseau des ESR au centre de la représentation graphique (en noir), la classe 2 du réseau des ESR en couronne autour de ce centre (en blanc) et la classe 3 du réseau des ESR en couronne autour des deux premières classes (en rouge). Les trois classes sont obtenues à l'issue d'une Classification Ascendante Hiérarchique par la méthode de Ward, effectuée à partir d'une matrice de distances entre les profils relationnels des différents acteurs du réseau des ESR. Chaque classe correspond à une « position » au sein du réseau.

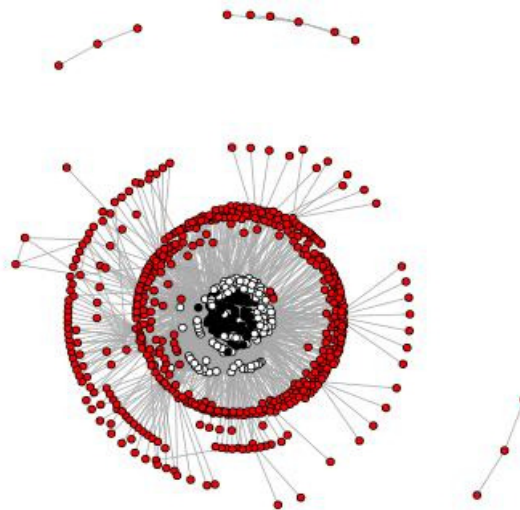


Figure 3. **Les trois classes de centralité du réseau des Entreprises.**

L'algorithme de Kamada-Kawai positionne la classe 1 du réseau des Entreprises au centre de la représentation graphique (en noir), la classe 2 du réseau des Entreprises en couronne autour de ce centre (en blanc) et la classe 3 du réseau des Entreprises en couronne autour des deux premières classes (en rouge). Les trois classes sont obtenues comme mentionné dans la Figure 2.



Figure 4. **Représentation macroscopique du réseau.**

Représentation de Fruchterman-Rheingold des relations entre les différentes « positions » (classes) identifiées dans le réseau des ESR et dans le réseau des Entreprises, au sein de la base VORTEX. EXT désigne les acteurs de la base VORTEX qui ne sont ni des ESR ni des Entreprises. Deux positions sont d'autant plus proches que la relation entre elles est plus dense (que le nombre d'interconnexions entre elles est plus élevé, en proportion du nombre d'interconnexions possibles). Le diamètre du cercle représentant une position est d'autant plus large que cette

position est plus dense (plus fortement connectée en interne, en proportion du nombre de connexions internes possibles). ESR1 et ENT1 sont des cliques, au sens de la théorie des graphes, donc de densité maximale.

