



Maillage territorial des établissements de santé:

apport des modèles issus de la théorie des graphes

Nolwenn Le Meur^{1,2*}, Lauric Ferrat¹, Fei Gao^{1,3}, Frédérique Quidu¹, Michel Louazel^{1,2}

¹ Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique (EHESP), Sorbonne Paris Cite, France

² EA 7348 MOS Management des organisations en santé, France

³ Inserm, UMR IRSET Institut de recherche sur la santé l'environnement et le travail - 1085, France

Remerciements: FEHAP



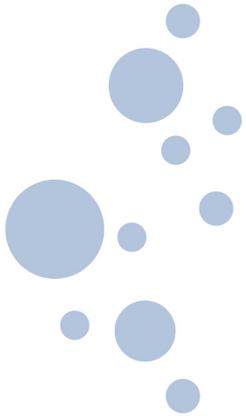
EHESP



Contexte

1

- **Fédération des Etablissements Hospitaliers et d'Aide à la Personne (FEHAP)**
 - Le Privé Non Lucratif au prisme du territoire : réseaux, maillages [...] spécificités du secteur du Privé Non Lucratif dans ses contextes de déploiement territorial. »
 - **Depuis plus de 20ans, restructuration hospitalière : objectif prioritaire**
 - **Aujourd'hui, évolution des intérêts aux regroupements et à la coopération**
- 

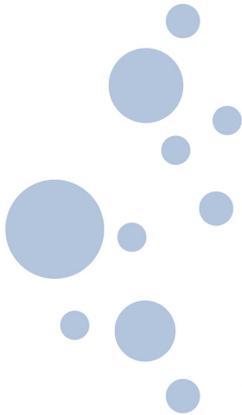


Contexte

2

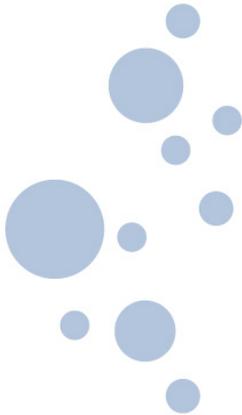
- **Programme Médicalisé des Systèmes d'information (PMSI)**
 - activité des établissements
 - flux des patients entre établissements
- **Théorie des graphes**
 - données en masse
 - au delà des méthodes statistiques conventionnelles





Objectif

Au travers de l'observation de la densité des transferts entre établissements, identifier une stratégie de maillage territorial au sein des différents secteurs juridiques (public, privé, privé non lucratif) ?



Données

- **PMSI « Médecine-Chirurgie-Obstétrique » MCO et PMSI « Soins de Suite et Réadaptation » SSR pour l'année 2012**
 - 2 Catégories majeures cliniques (CMC) de séjour SSR
 - appareil locomoteur (CMC 16 à 18)
 - problèmes neurologiques (CMC 12)
- **3 régions**
 - Bretagne
 - Lorraine
 - Rhône-Alpes
- **Statistique annuelle des établissements de santé (SAE)**

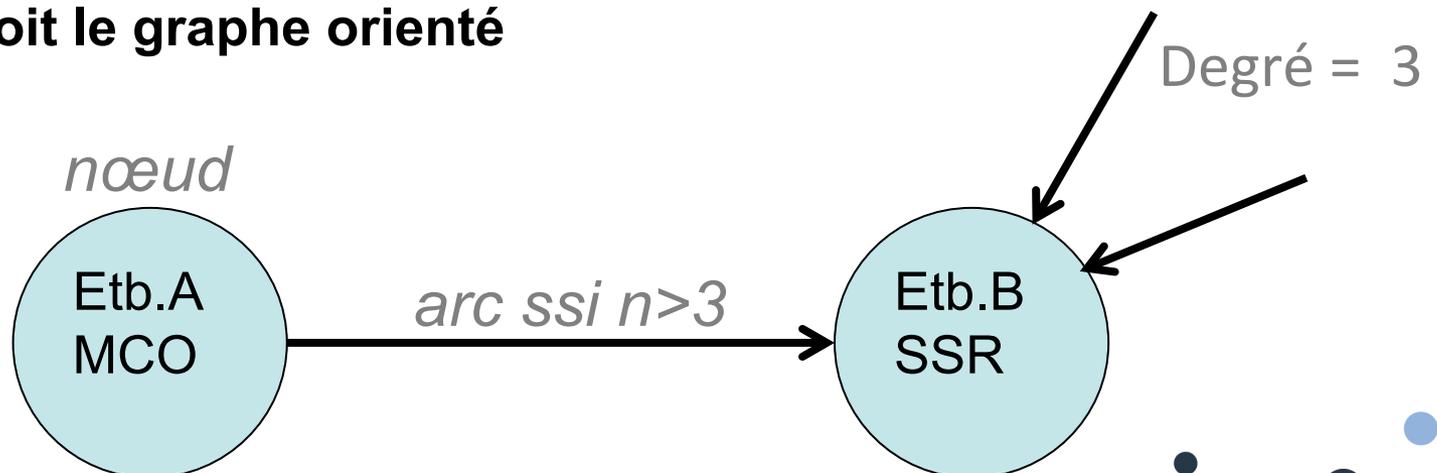
Méthodes

Théorie des graphes

Exemple d'un extrait du PMSI

ID	Etb.	Entrée	Sortie	CMD	Type	Région
X	A	domicile	transfert	1	MCO	Bretagne
X	B	transfert	domicile	12	SSR	Bretagne

Soit le graphe orienté

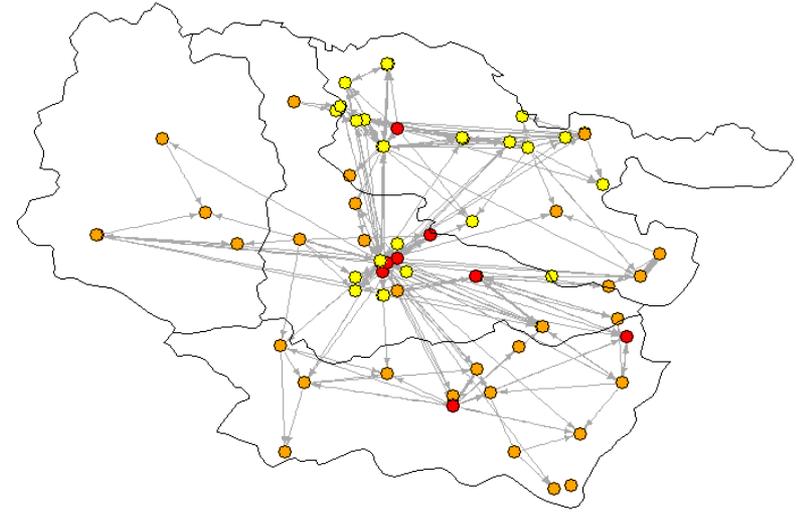




Graphes MCO-SSR 2012

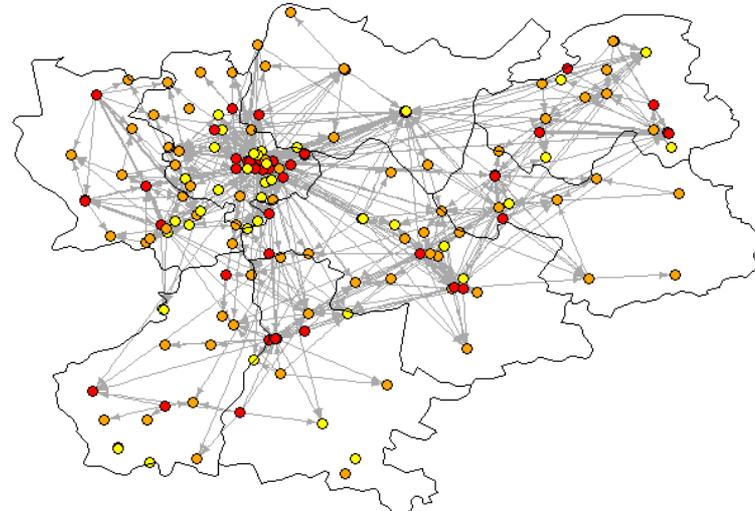


Bretagne



Rhône-Alpes

Lorraine



● Privé à but non lucratif

● Public

● Privé à but lucratif

Résultats descriptifs

Structure des réseaux

Structure et flux des patients entre établissements MCO et SSR pour les pathologies et 3 régions françaises d'études (source: PMSI 2012)

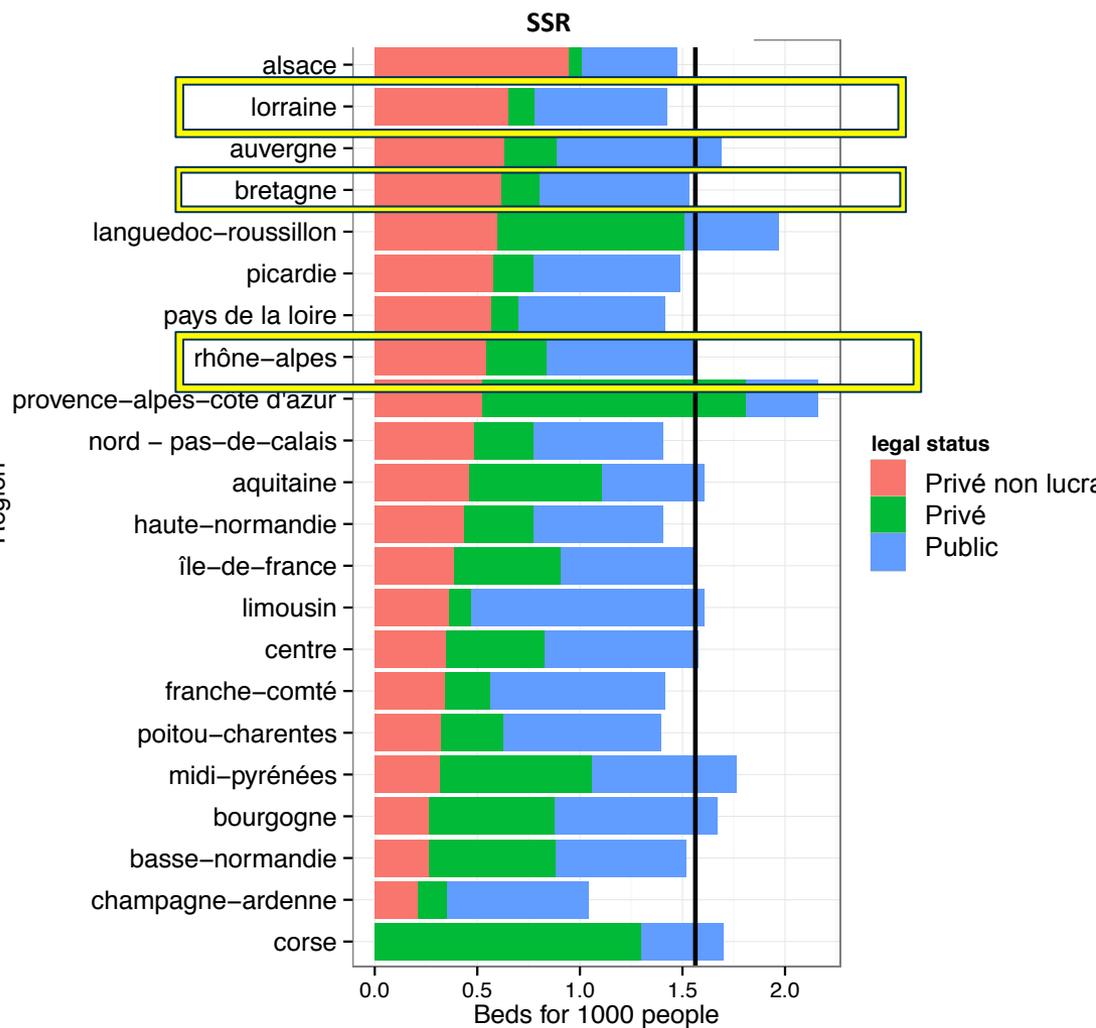
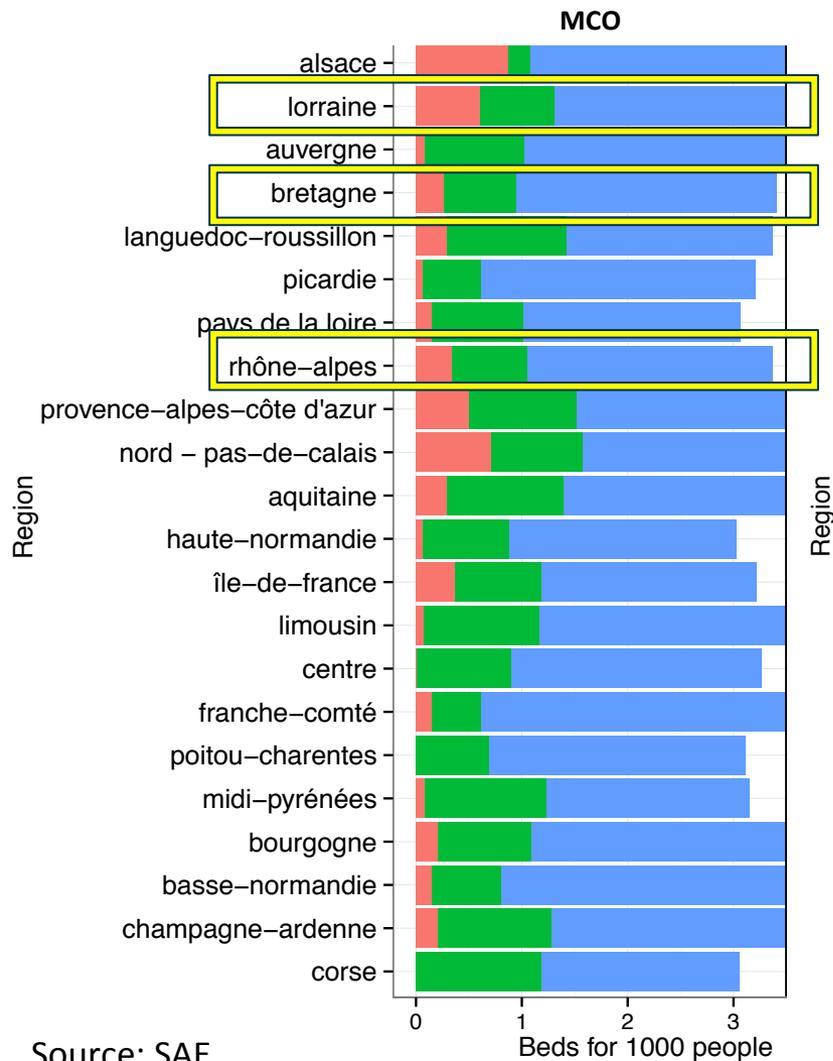
	Nb Hôpitaux (nœuds)	Liens (arcs)	Forces (poids des arcs)
Lorraine	87	521	9314
Bretagne	95	573	16729
Rhône-Alpes	207	1600	29153

Le nombre de transferts pour 1 000 habitants

- 3.98 transferts en Lorraine,
- 4.56 en Rhône Alpes,
- 5.21 en Bretagne.

Résultats descriptifs

Densité de l'offre



Source: SAE

Modèle

Coefficient d'assortativité

Propension des nœuds à posséder des liens avec des nœuds de même type

	Degré	ER <i>P-value</i>	CDSM <i>P-value</i>	Statut juridique	ER	CDSM
Lorraine	-0.11	1.10^{-1}	2.10^{-4***}	0.14	2.10^{-3**}	2.10^{-4***}
Bretagne	-0.13	4.10^{-2} *	9.10^{-2}	0.08	1.10^{-2} *	1.10^{-2} *
Rhône Alpes	0.03	1.10^{-1}	2.10^{-16***}	0.08	3.10^{-3**}	6.10^{-4***}

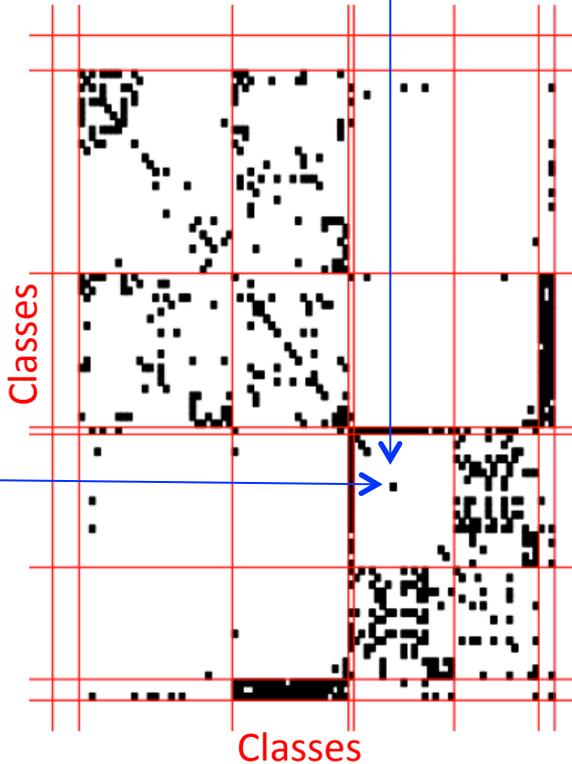
ER: Erdős-Renyi ; CDSM: Constrained Degree Sequence Model; P-value: calculée par la méthode de Monte-Carlo avec 5000 itérations.

- **Interaction « petits » vers les « grands » établissements en Bretagne et Lorraine**
- **Apparement plus de transferts entre même statut juridique**

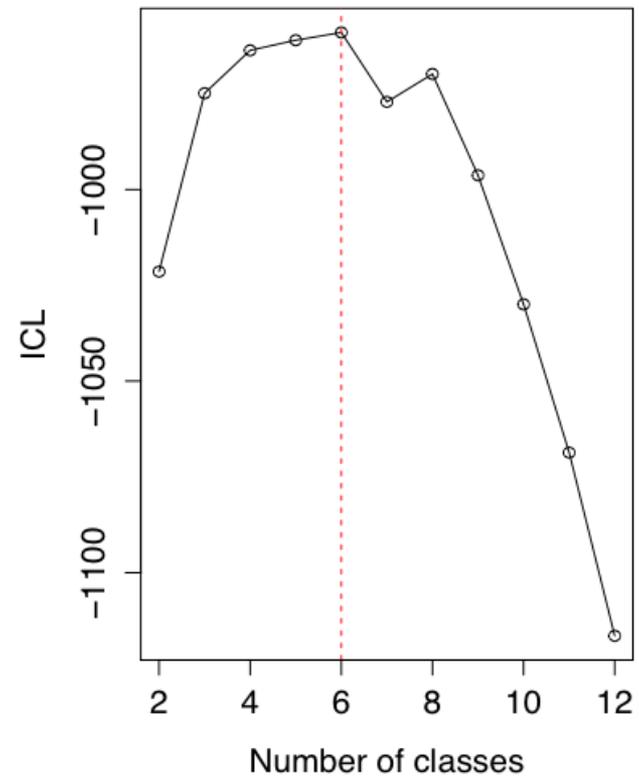
Network block models

Modèles à blocs

Hôpital B interagit avec ...

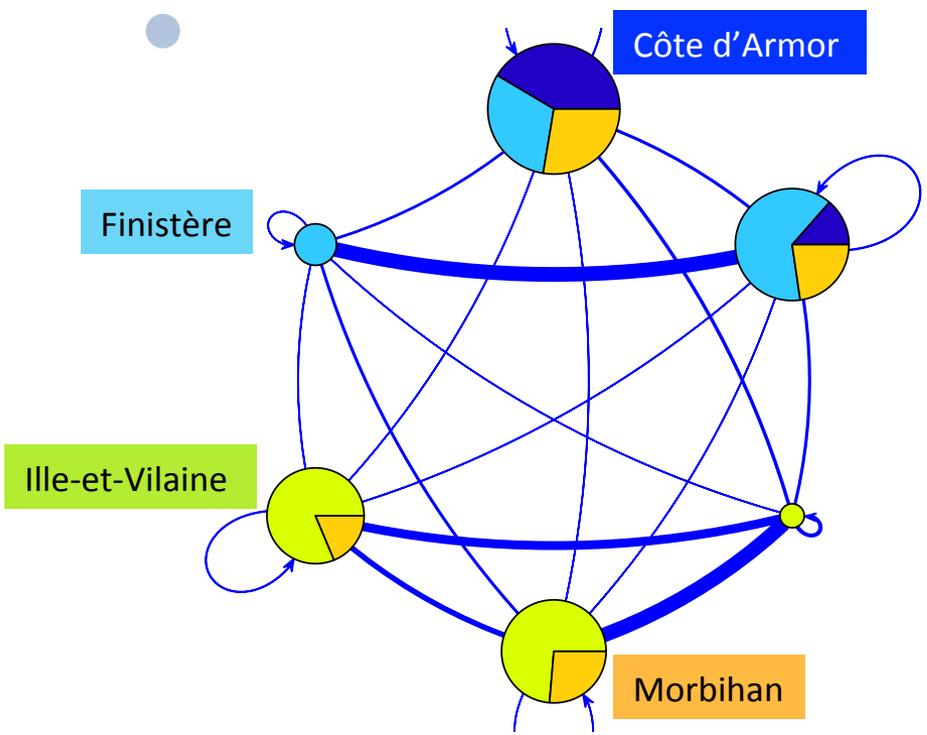


ICL: integrated classification likelihood

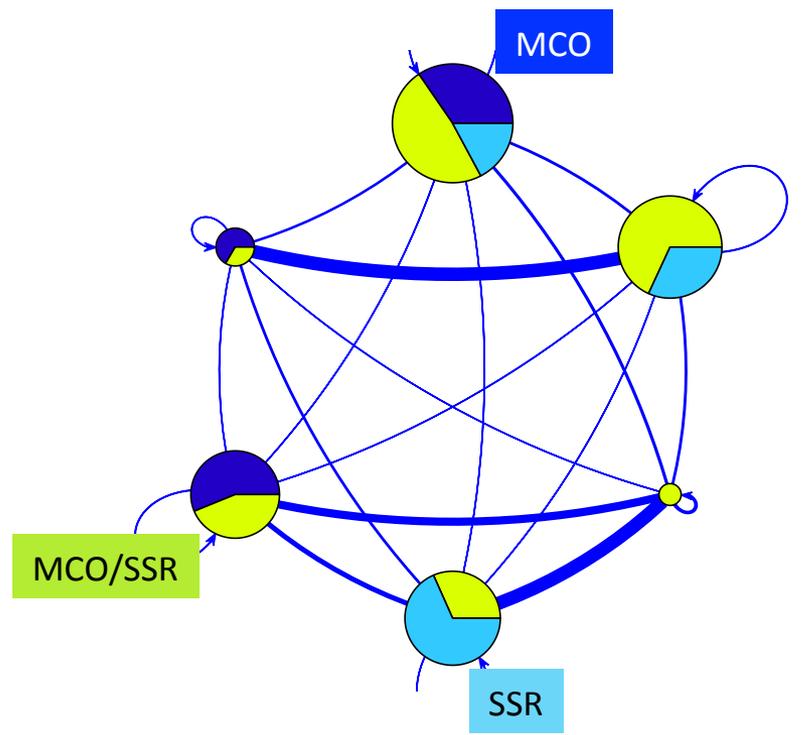


Network block models

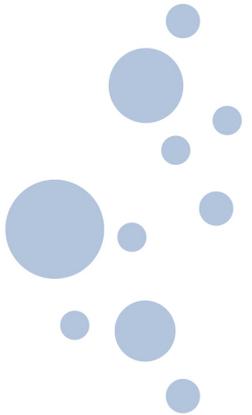
Modèles à blocs



Selon les départements



Selon les missions



Exponential Graph Model - ERGM

Graphes aléatoires exponentiels

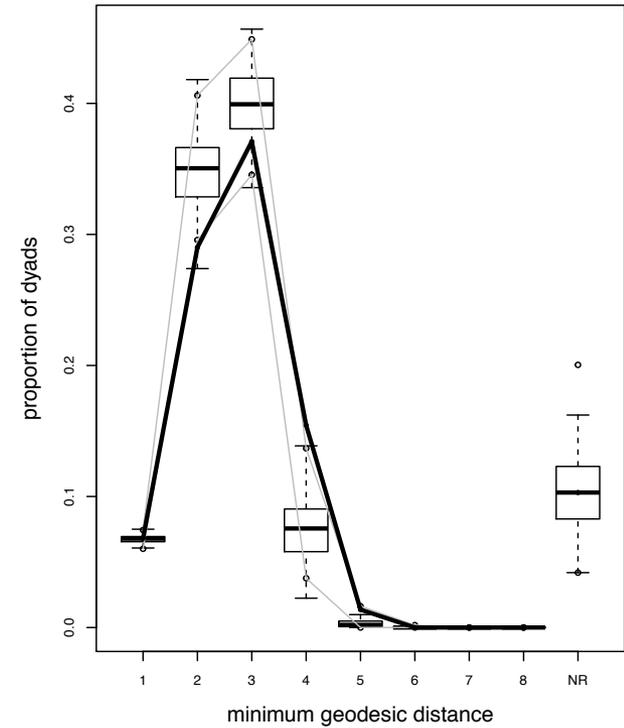
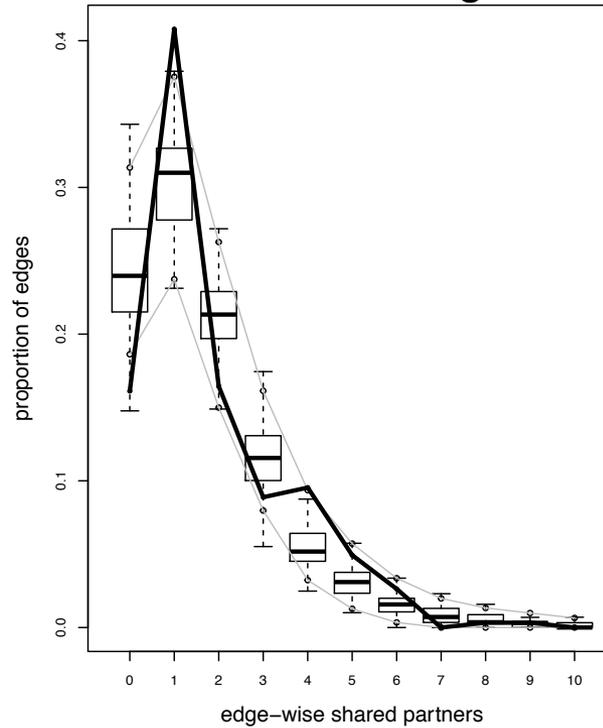
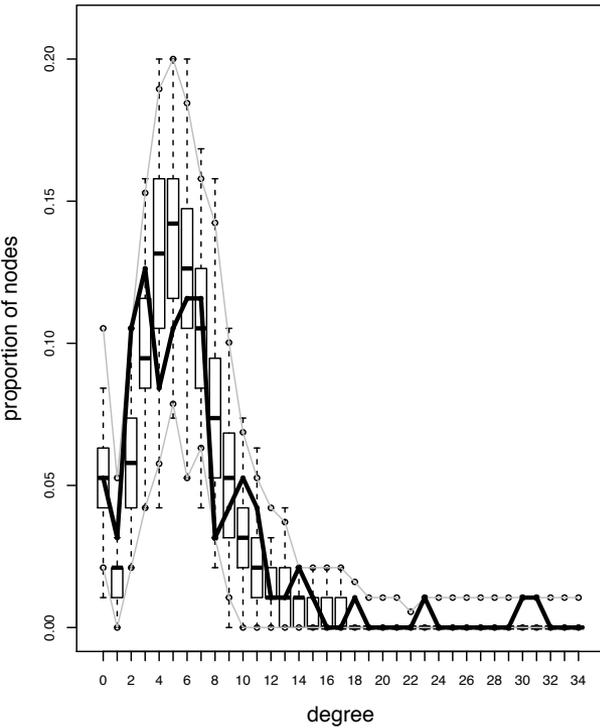
Quel facteurs influencent les réseaux?

- Nombre d'interactions
- Le nombre de lits
- Le statut juridique
- Moins de 20 min de trajet entre établissements
- Le temps de trajet en min
- Le département de l'établissement
- Le nombre d'hôpitaux n'interagissant pas

Exponential Graph Model - ERGM

Graphes aléatoires exponentiels

Goodness-of-fit diagnostics



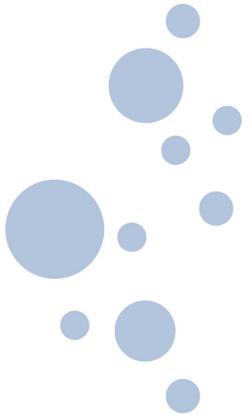
Exponential Graph Model - ERGM

Graphes aléatoires exponentiels

Logarithme de l'odds ratio conditionnel

	Bretagne	Lorraine	Rhône-Alpes
Nombre de d'interactions	-4.985 ***	-4.825 ***	-4.827 ***
Statut juridique	0.115	0.215	0.275 **
L'offre de lits SSR	0.004 ***	0.004 *	0.001 *
L'offre de lits MCO	0.002 ***	0.002 ***	0.001 ***
Trajet en min	3.772 ***	4.847 ***	4.596 ***
Département	2.466 ***	1.843 ***	2.542 **
Hôpital sans interaction	2.693 ***	1.396 *	2.368 **

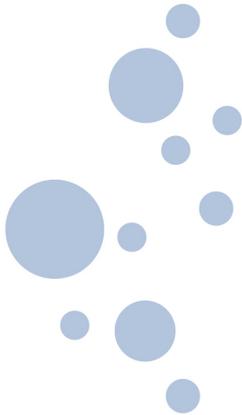
*** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$



Conclusions

1

- **Maillage territorial est spécifique des régions**
- **Statut juridique**
 - Proximité géographique
 - Densité de l'offre
 - ...



Conclusions

2

- **Apport intéressant des méthodes issues de la théorie des graphes**
 - **Modèles en développement: problème de convergence et d'implémentation (ex: ERGM pondéré)**
- **Qualité des données sources (notamment SAE)**