
Une analyse spatiale des systèmes de risques prenant en compte l'incertitude et l'interaction spatiale au service de l'anticipation des effets dominos inondations - coupures électriques

Jérôme Dutozia

UMR 7300 ESPACE
CNRS / Université de Nice Sophia - Antipolis
98 bd Edouard Herriot BP 3209
F-06204 Nice - Cedex

dutozia@unice.fr

RÉSUMÉ. La contribution propose une méthode d'analyse des systèmes de risques permettant de prendre en compte d'une part, l'incertitude spatiale de la connaissance rétrospective des événements catastrophiques passés ; et d'autre part, les interactions spatiales liées à la structure réticulaire des territoires, dans le but d'anticiper les effets dominos liés aux endommagements des réseaux techniques lors des catastrophes naturelles. La méthode est appliquée aux cas des endommagements du réseau électrique successifs aux inondations dans la Commune de Marseille.

ABSTRACT. The paper proposes a method for analyzing risk systems that take into account both the spatial uncertainty of the retrospective knowledge of past catastrophic events and secondly, spatial interactions related to the lattice structure of the territories, in order to anticipate the domino damage related technical networks during natural disasters effects. The method is applied to the case of damage to the power grid successive floods in Marseille.

MOTS-CLÉS : Risques, effets dominos, SIG, incertitude spatiale, interaction spatiale, inondations, coupures électriques, Marseille.

KEYWORDS : Risks, domino effects, GIS, spatial uncertainty, spatial interaction, floods, power outages, Marseille

SAGEO 2014
Innovations géomatiques pour la gestion des risques naturels et technologiques

1. Introduction

Cette proposition s'appuie sur une analyse dont les racines remontent à 2007, avec le programme ministériel Risque Décision Territoire, « Mémoires, oublis et réappropriations : le risque inondation dans la basse vallée du Rhône et l'agglomération marseillaise », dont nous reprenons une partie des résultats (en particulier sur l'historique des inondations). Si les problématiques d'interactions spatiales et d'interdépendances des réseaux dans l'analyse des risques étaient au cœur du projet initial de la recherche (dépôt de la thèse en 2006), les enjeux liés à l'incertitude spatiale sont apparus plus tardivement, au départ comme une contrainte, puis comme un intérêt potentiel de la recherche (C. Voiron, J. Dutozia, R. Basse, 2010, J. Dutozia, C. Voiron, K. Emsellem, 2013). Il en résulte des méthodes originales de spatialisation du risque (que ce soit dans une logique rétrospective ou préventive), dont la contribution se propose de donner un exemple non exhaustif.

2. Noyaux de certitudes et délimitations floues des territoires à risques

La première estimation porte sur la possibilité, pour un sous espace donné, d'être un point de déclenchement d'une coupure électrique en raison de son exposition à l'aléa inondation. Elle peut être rattachée à la notion de susceptibilité, première étape de la démarche d'analyse spatiale des systèmes de risques SCReD (Dutozia, 2013), basée sur l'articulation des concepts de susceptibilité, de criticité, de résilience et de dépendance. L'estimation de la susceptibilité nous a conduit à proposer plusieurs méthodes de fusions de données dont le chainage permet de construire un cadre rétrospectif et spatiale fiable, ou du moins optimisant l'usage d'informations imparfaites et limitées. Parmi ces méthodes, deux ont directement trait à la gestion de données imprécises et incertaines, soit par le biais de grilles imbriquées, soit, et c'est l'exemple que nous présentons ici, en s'appuyant sur la morphologie des objets pour introduire une forme de variabilité supplémentaire, basée sur la distinction entre un noyau de certitude et des limites floues. On considère alors qu'une information désignant un lieu à risque est plus fiable et vraisemblable au cœur du polygone que sur ses bordures. Ainsi, dans la figure 1.a, l'intérieur de l'objet en rouge constitue le noyau de certitude, et la possibilité pour qu'il ait été inondé par le passé est plus grande que dans les deux bandes d'incertitude. Le noyau de certitude se voit attribuer une valeur de 1, la bande d'incertitude comprise dans les limites de l'objet une valeur de 0.8 et celle non comprise dans le polygone initial, la valeur de 0.6. Pour chaque cellule, on va ensuite mesurer la part de surface recouverte par les trois types d'objets, multiplier cette part de surface par les valeurs liées à leur degré de certitude et enfin additionner les résultats (si une cellule contient différents degrés de certitude du polygone de dommages observés). Appliqués aux dommages d'inondations observés dans la presse entre 1950 et 2003 dans la commune de Marseille (1.b), ce

premier indice cellulaire est ensuite multiplié au nombre de postes électriques par cellule (1.c).

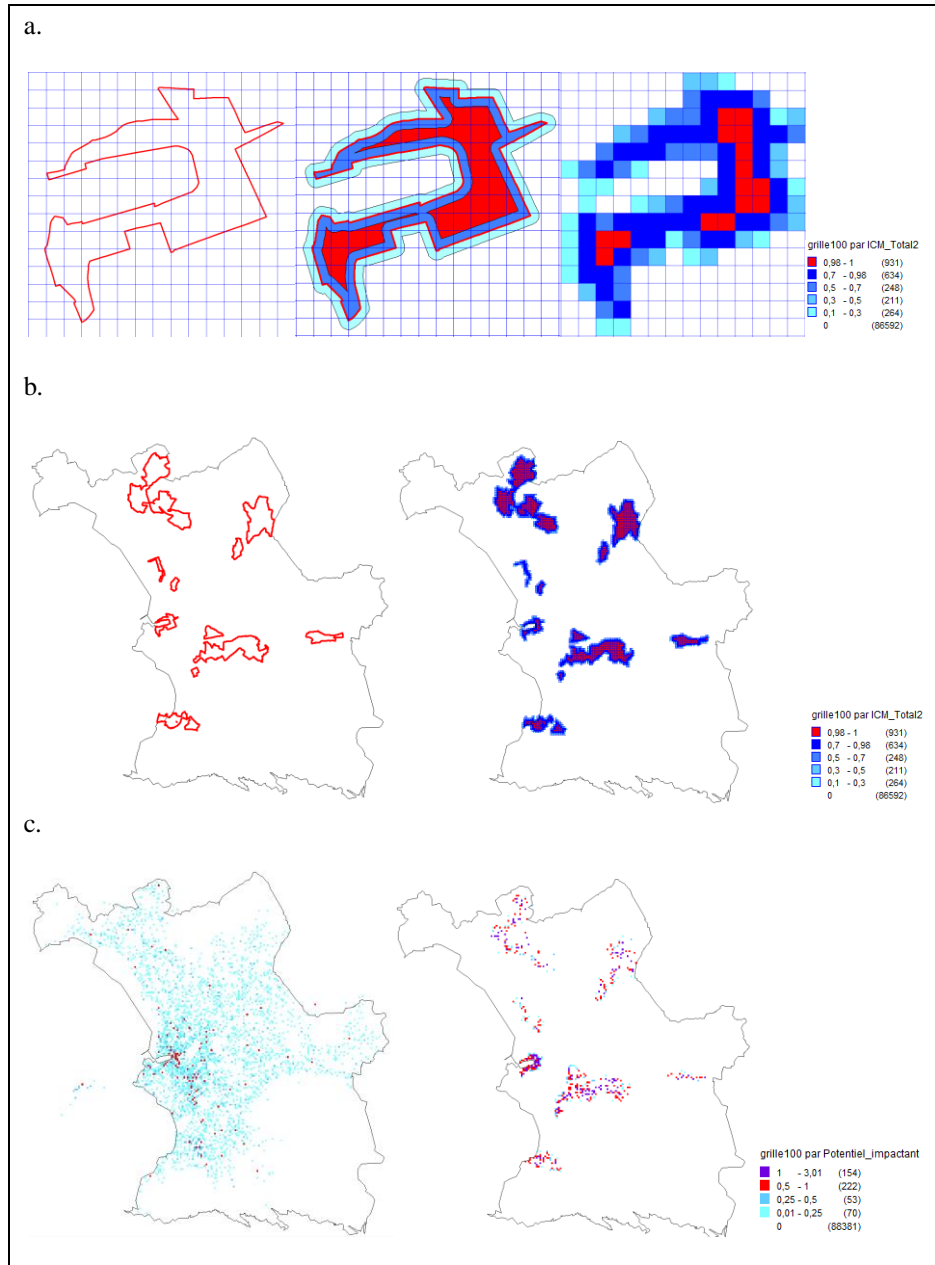


Figure I. a. Exemple de fuzzyfication d'un périmètre de zone inondable (secteur du vieux port) b. Méthodes appliquées aux zones (Iris) de la commune de Marseille

citées au moins une fois dans la presse comme zones inondées entre 1951 et 2003 (pour 5 événements de référence, 1951, 1978, 1993, 2000 et 2003) c. Estimation de la susceptibilité par croisement aux nombres de postes électriques

L'étape précédente nous renseigne sur la possibilité d'un dommage direct et considère l'Espace comme un support du système de risque dont la fonction se limite à subir l'aléa. La susceptibilité s'évalue uniquement en fonction de la localisation des enjeux. A l'inverse, la seconde étape attribue à l'Espace un rôle d'agent et se focalise sur l'intensité et l'organisation des rapports d'interdépendances spatiales afin d'estimer la capacité d'un territoire à diffuser et faire émerger de nouveaux impacts en cas de perturbation. Cette propriété renvoie au concept de criticité dans la démarche SCReD.

3. Anticiper les effets dominos par l'analyse des interdépendances spatiales

Si depuis les années 2000, les approches de modélisation des interdépendances des réseaux électriques et de leurs processus d'endommagements se sont développées ; notre démarche est un peu différente, dans le sens, où la criticité des liens, apparaît ici en considérant le système à un niveau qui n'est plus strictement électrique, mais qui se situe au niveau des systèmes réseaux - réseaux et surtout réseaux - territoires. Ainsi, un lien robuste et redondant à l'échelle du réseau électrique, pourrait apparaître comme un lien critique, s'il est par exemple lié à une infrastructure fortement dépendante de l'électricité ou un bâtiment essentiel pour le fonctionnement de la société (comme un hôpital par exemple). La méthode proposée se base sur le caractère multi-niveau du réseau électrique afin d'établir un graphe de relations verticales entre les postes électriques et l'ensemble des bâtiments de la ville (organisation hiérarchisée en trois niveaux : postes sources électrique, qui alimentent des postes de distribution électrique, qui à leurs tours permettent l'alimentation électrique des bâtiments). Ce graphe de relations va constituer un ensemble de trajectoires potentielles du système de risques dans le sens où l'endommagement d'un poste électrique par l'aléa inondation est susceptible de provoquer un impact indirect sur les nœuds qui lui sont afférents. Sur la Figure II.a, on comprend l'intérêt de ne pas considérer de manière identique l'ensemble des postes électriques compte tenu du caractère stratégique des postes sources (en noir) auxquelles sont associées plusieurs dizaines de postes de distributions. La Figure II.b met en lumière la possibilité d'intégrer un degré de dépendance variable des bâtiments en se focalisant par exemple sur l'alimentation électrique des hôpitaux. Ainsi, il est envisageable de connaître pour chacun des hôpitaux (ou autres bâtiments à enjeux de fragilité), le poste de dépendance à l'échelle des niveaux 1 et 2 de l'organisation du réseau électrique. De même, il est possible à l'échelle de chaque poste électrique, de détecter la présence de composantes territoriales dont on suppose qu'elles possèdent une forme de fragilité particulière et de dépendance électrique accrue. La détection des trajectoires susceptibles d'affecter ces cibles fragiles permet d'envisager leurs risques indirects ; par exemple, une maison de retraite peut se situer nettement en dehors

d'un périmètre inondable, tout en étant dépendante d'une ou deux composantes qui sont en revanche comprises dans ce périmètre ; de fait, la maison de retraite ne fait pas partie du périmètre de risque inondation, mais fait pleinement partie du système spatial associé au système de risque inondation.

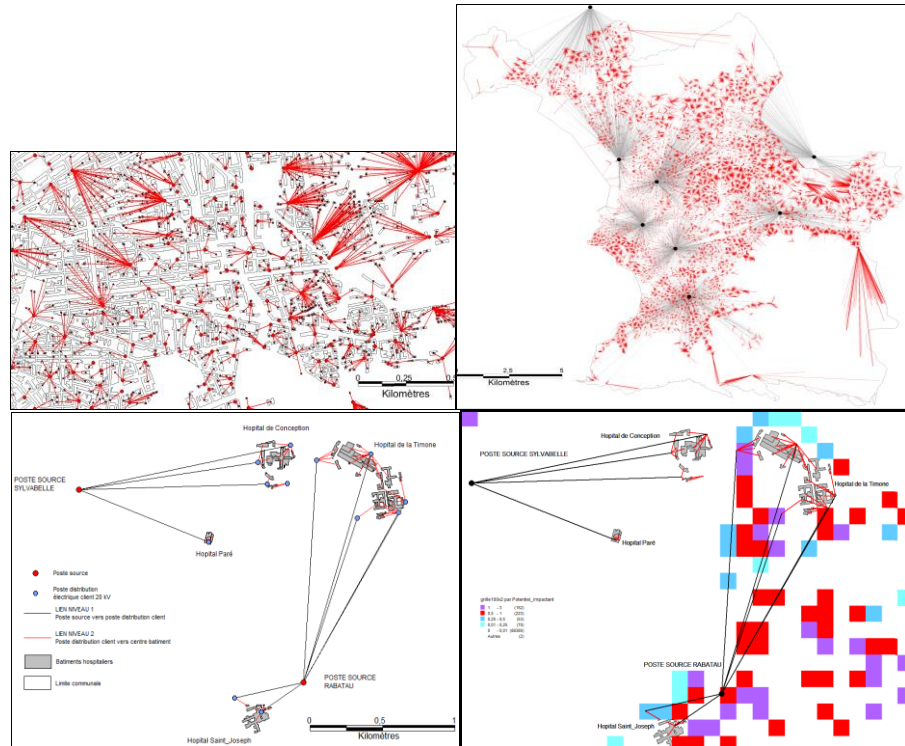


Figure II. a. Raccordement des nœuds du réseau électrique de distribution publique aux centroïdes des bâtiments résidentiels de la commune de Marseille b. Croisement susceptibilité (partie 1) avec alimentation électrique des hôpitaux

4. Conclusions

Au niveau de la susceptibilité, nous avons présenté ici, un premier niveau d'analyse qui, dans la démarche aboutie, est en fait complétée par d'autres informations de natures, de précisions et de qualités très diverses (PPR, dommages recensés par les gestionnaires de réseaux techniques ou encore enquêtes qualitatives spécifiques aux effets dominos des inondations). La fusion de ces données de précisions hétérogènes est assurée grâce à la méthode des grilles imbriquées rapidement évoquées dans la partie 1.

La démarche présentée sur la criticité nécessiterait, quant à elle, des précisions sur la méthode de construction du réseau multi-niveau, et sur les différents cas

possibles de mode d'alimentation selon le type de poste électrique (cas particulier des clients industriels par exemple). De même, les différentes options pour le croisement entre la susceptibilité et la criticité auraient pu faire l'objet de développements plus importants. Pour autant, l'exemple présenté, et l'éclairage apporté au niveau de la gestion de l'incertitude spatiale dans le cas de la susceptibilité, ainsi qu'au niveau de la prise en compte des interdépendances spatiales dans le cas de la criticité illustre assez fidèlement la logique et les principes essentiels de notre démarche de détection des espaces à enjeux et d'anticipation des systèmes de risques.

5. Bibliographie

- Claeys C., Dutozia J., Voiron Canicio C., et alii, 2009, rapport final du projet *Mémoires, Oublis et (Re) Appropriations : Le risque inondation dans la basse vallée du Rhône et l'agglomération marseillaise*, Programme de recherche Risque, Décision, Territoire du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 241p.
- Dutozia J. « Compréhension des systèmes de risques, pratiques de terrain et reconstruction à posteriori des dynamiques spatiales d'événements à partir d'informations qualitatives, hétérogènes, incertaines, imprécises et lacunaires. », *Forum Méthodologique de l'UMR ESPACE 6012 CNRS, Terrain et Analyse Spatiale*, Aix-en-Provence, 18 Septembre 2009.
- Dutozia J. *Espaces à enjeux et effets de réseaux dans les systèmes de risques*, Thèse de Doctorat de Géographie, 313 p., Nice, 25 Septembre 2013.
- Dutozia J., Emsellem K., Voiron C., 2013, « Trois champs d'application de la théorie des ensembles flous en Géographie : connaissance des territoires à risque, anticipation du changement spatio-temporel, et régionalisation du Monde », 2^{ème} séminaire du Programme « Faire Science l'Incertain » de la Maison des Sciences Humaines et Sociales Sud Est, « *Démarches, méthodes et approches de la connaissance incertaine* », Nice, 28 novembre 2013
- Voiron Canicio C., Dutozia J., Basse R., Dubus N., Maignant G, Saint Amand P., Sevenet M., 2010, « L'imbrication spatiale dans l'analyse des territoires : formalisation, modélisation et simulation. », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine* n° 4- 2010.