

Ergonomie spatiale pour territoires résilients : approches et perspectives

Eliane Propeck-Zimmermann, Thierry Saint-Gérard, Hélène Haniotou, Sophie Liziard and Mohand Medjkane

Volume 18, Number 1, May 2018

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1058436ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Université du Québec à Montréal
Éditions en environnement VertigO

ISSN

1492-8442 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Propeck-Zimmermann, E., Saint-Gérard, T., Haniotou, H., Liziard, S. & Medjkane, M. (2018). Ergonomie spatiale pour territoires résilients : approches et perspectives. *VertigO*, 18(1).

Article abstract

The use of spatial ergonomics in the issue of resilience is based on the assumption that the ability of a territory to recover its basic functions after a disaster depends on its overall performance level already present during normal times to make available its resources (in the broadest sense: services, activities, supplies, communication, etc.). It is thus necessary to model the system of spatial, functional and cost constraints, conditioning, at different spatial and temporal scales, access to the resources of a territory, by its population and its decision-makers (institutions, Companies), in ordinary situations and in a degraded situation. We present here a first exploration on the capacity of the relation "spatial ergonomics / territorial resilience" to produce diagnostic tools to help develop a resilient management. The methodological approach to analyzing and mapping a degree of spatial ergonomics within a territory will be presented through an experimental example on the Strasbourg agglomeration. The aim of the whole approach is to construct renewed and synthetical information useful to design organization and functioning schemes of resilience.

Ergonomie spatiale pour territoires résilients : approches et perspectives

Eliane Propeck-Zimmermann, Thierry Saint-Gérard, Hélène Haniotou,
Sophie Liziard et Mohand Medjkane

Introduction

- 1 Un aménagement du territoire soucieux de résilience ne peut faire l'impasse sur l'incertitude fondamentale qui touche aux problèmes de risques à tous leurs niveaux (identification, caractérisation, évaluation, gestion...). Une question se pose alors : ne faudrait-il pas intégrer davantage, dans la réflexion et les modèles de représentation sous-jacents, l'articulation espace/temps/phénomène des territoires? Par exemple, en empruntant une nouvelle perspective, inspirée de la pensée complexe, dans l'approche des risques?
- 2 Bien que souvent enfouie, au quotidien, dans l'impensé des sociétés qui l'habitent, la situation standard de fonctionnement d'un territoire est par nature une *situation à risque*. Cette situation à risque est en perpétuelle évolution, car elle est indissociablement attachée à un grand nombre de phénomènes territorialisés (économiques, environnementaux, sociaux, urbains, etc.) où se confrontent facteurs dynamiques endogènes et facteurs dynamiques exogènes. Un événement majeur inattendu (explosion, crue, tremblement de terre...), lorsqu'il survient, s'insère dans cette dynamique multidimensionnelle, aux nombreuses transitions d'états, bifurcations de processus et boucles de rétroactions, propres aux variations d'exposition, de vulnérabilité, de réactivité des agents impliqués.
- 3 En matière de champs adaptatifs, la résilience, envisagée le plus souvent en bout de chaîne, repose sur différents ressorts (culturels, techniques, informationnels, cognitifs...), mais le socle sur lequel vont s'exercer ces différents champs reste le substrat territorial, car ce dernier va en faciliter ou au contraire compliquer l'expression. *Ainsi, la structure du*

territoire conditionne en grande partie le potentiel de la population à se prémunir, se protéger et enfin reprendre le contrôle. Il convient alors d'anticiper la capacité de réponse, de l'évaluer, afin de cibler les actions réalisables (Voiron-Canicio, 2015).

- 4 Les différentes phases : l'avant (prévention), le pendant (intervention) et l'après-événement (réparation/récupération) ne sont ainsi pas hermétiques les unes aux autres. La « fin » de l'une ne délimite pas toujours le « début » de l'autre, qui plus est lorsque des risques différents se conjuguent. Par ailleurs, après la catastrophe, les retours d'expérience font évoluer le système : la trame est reconstruite, de nouvelles mesures peuvent être prises, les modes de fonctionnement des territoires redéfinis. Ainsi se construisent et se transforment en continu les faciès de la situation à risque d'un territoire, qui n'est en fait qu'un instantané isolé dans un processus spatio-temporel continu de reconfigurations.
- 5 Cette mise en perspective avec le fonctionnement général du territoire permet alors d'intégrer dans l'analyse des risques, comme substrat de référence, des facteurs déterminants pour la gestion opérationnelle, depuis la préoccupation de prévention jusqu'à celle de résilience. La résilience, englobant des capacités d'absorption d'un événement dommageable et de récupération de possibilités de fonctionnement *a posteriori*, semble aujourd'hui ouvrir de nouvelles perspectives d'analyse et de gestion des risques par une approche systémique et dynamique, où le territoire est placé au cœur de l'analyse (Aschan-Leygonie, 2000; Cutter et al., 2008; Reymond, 2009; Provitolo, 2012; Pigeon, 2012; Lhomme et al., 2013; Gunderson & Holling, 2002). La question qui se pose alors est : comment construire un outil logique d'appréhension systémique de la gestion des risques lors des différentes phases du processus de prévention, intervention et récupération/reconstruction?
- 6 *L'utilisation du concept d'ergonomie spatiale pourrait apporter une aide à la définition de stratégies opérationnelles de résilience avant, pendant et après un événement.* Nous présentons ici une réflexion, accompagnée d'éléments pour une première exploration, sur la capacité qu'offre le rapprochement « résilience territoriale/ergonomie spatiale », à produire des outils de diagnostic pour aider au développement d'une gestion « résiliente ».

Ergonomie et résilience

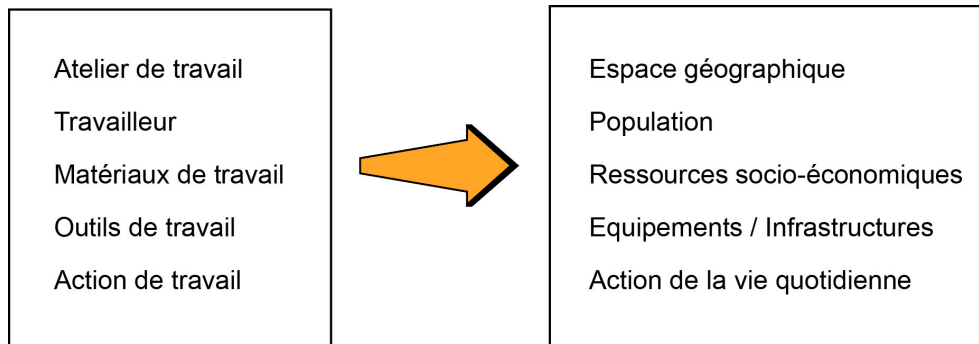
- 7 La résilience des territoires est analysée à travers un processus dynamique faisant passer un territoire d'une situation à risque (concept modélisé dans (Propeck-Zimmermann et al., 2007)) liée à un modèle de développement territorial (au sens large) à une situation d'événement majeur et de crise, qui exhibe les vulnérabilités et conduit à un après : la recherche d'une nouvelle forme d'équilibre. Le fonctionnement du territoire et de ses acteurs est donc au cœur de l'analyse. Le modèle de développement territorial conditionne, en effet, les caractéristiques des situations à risques qui contingent à leur tour les capacités de résilience lorsqu'un événement survient. L'ergonomie spatiale, issue d'un transfert conceptuel de l'ergonomie vers la géographie, prend en considération l'organisation des répartitions des ressources et de leurs liens au sein d'un territoire, elle peut ainsi aider à définir le schéma d'une organisation et d'un fonctionnement résilient du territoire.

Transfert de l'ergonomie en géographie

- 8 L'ergonomie désigne à partir du 19^e siècle la science du travail, son objet d'étude est l'adaptation du travail à l'Homme (Laville, 1976; Noulon, 1992). En tant que telle, l'ergonomie s'attache à toutes les dimensions de l'analyse du travail (Fleury, 2009) :
 - l'analyse du poste de travail où il s'agit d'adapter l'environnement spatial aux contraintes du travailleur,
 - l'analyse des tâches et de l'activité et tout particulièrement sa dimension cognitive (la conception des interfaces Homme-machine en particulier),
 - la sécurité au travail par une analyse des erreurs en fonctionnement normal et analyse des accidents via les retours d'expérience,
 - la structure organisationnelle, les règles et processus (les rythmes en particulier).
- 9 En particulier, dans le domaine de l'industrie, l'ergonomie a pour but d'ajuster l'espace de travail, les équipements et le process aux capacités physiques et comportementales des ouvriers en vue d'une meilleure efficacité. L'objectif est d'optimiser à la fois le « bien-être performant » des personnes et l'efficacité globale des systèmes. L'ergonome adopte dès lors une démarche systémique visant à analyser les interactions entre les humains et les autres composantes d'un système, afin d'obtenir de l'individu la meilleure productivité de travail pour le moindre coût global (énergie, temps, argent, effort, stress, exposition au danger). L'analyse se rapproche ainsi des logiques de type économique coût/performance. Elle doit aussi dans une approche systémique tenir compte de la complexité des régulations qui s'opèrent à deux niveaux :
 - au niveau de l'individu qui régule son activité, en fonction de son environnement externe et de son état interne (fatigue par exemple) et qui est amené à faire des compromis entre performance et respect des règles (de sécurité notamment), ce que Amalberti (2005) appelle le « compromis cognitif ».
 - au niveau de l'entreprise qui révisé la configuration des ateliers, l'équipement matériel, les processus de manipulation, les rythmes pour une plus grande efficacité au moindre coût.
- 10 Comme en géographie, l'ergonomie accorde ainsi une grande importance à l'aménagement, c'est-à-dire à la configuration spatiale (entendue comme un agencement raisonné visant une qualité de connectivité générale) et « apporte des solutions concrètes pour une ré-organisation [...] des objets impliqués dans le problème à traiter. Cette ré-organisation passe presque systématiquement par une nouvelle conception de la spatialisation de ces objets » (Antoni, 2014, p.100), non seulement dans leur forme et leur taille, mais aussi dans leurs relations géométriques et topologiques respectives. Par essence, la démarche proposée par l'ergonomie intègre donc la dimension spatiale.
- 11 En considérant la ville comme un système hommes-machines (Montmollin, 1967), elle « semble pouvoir entrer dans le champ d'étude de l'ergonomie, et ses méthodes [pourraient] contribuer à une réflexion sur son aménagement, c'est-à-dire sur sa géographie ou son urbanisme. Théoriquement, il existe donc un chevauchement possible entre ergonomie et géographie (ou l'urbanisme ou l'aménagement du territoire) [...], les deux approches présentent de nombreuses similarités méthodologiques qui invitent à réfléchir à la construction d'un transfert conceptuel de l'ergonomie vers la géographie et inversement » (Antoni, 2014, pp.106-107). Il existe par conséquent des « passerelles » entre géographie et ergonomie.

- 12 Thierry Saint-Gérand (2002) a déjà proposé un tel transfert des concepts de base de l'ergonomie (travail, contraintes, coût) en géographie (Figure 1). L'espace géographique est « assimilé » à l'atelier de travail, et les ressources socio-économiques aux « ressources » et « produits ». L'action de travail devient alors l'ensemble d'activités de la population/société (individus et groupes).

Figure 1. Transfert des concepts de l'ergonomie en géographie.



- 13 L'idée maîtresse est que l'adéquation d'un espace à la vie de sa population dépend de la facilité qu'il offre d'accéder aux ressources dont elle a besoin. Cette adéquation doit tenir compte des contraintes spatiales et sociales, de la disponibilité des ressources et de leur accès au moindre coût/effort. Tous ces éléments sont en interaction et forment un système.
- 14 Par extension, l'ergonomie spatiale est définie comme « la capacité endogène et exogène d'un espace à fournir à une population/société l'ensemble des ressources socio-économiques qui lui sont nécessaires pour le moindre coût » (Saint-Gérand, 2002, p 107). Des espaces urbains ergonomiques seraient alors des espaces conçus ou adaptés (réaménagés) pour mieux répondre aux besoins quotidiens des habitants en minimisant leurs efforts tout en maximisant leur confort. Dans le cadre de la gestion des risques, l'ergonomie spatiale peut fournir une perspective pertinente pour évaluer et caractériser les capacités de résilience d'un territoire. *Nous proposons aujourd'hui d'explorer la capacité qu'offre le rapprochement « ergonomie spatiale/résilience d'un territoire » à produire de nouveaux modes de compréhension de la résilience, à identifier les points d'appui de la résilience dans un territoire et à aider à l'action.*

Ergonomie spatiale et résilience : de nouvelles perspectives pour la gestion des risques

- 15 Le rapprochement entre l'ergonomie spatiale et la résilience territoriale tient à la place centrale qu'occupe l'accès aux ressources d'un territoire (au sens large : services, activités, ravitaillement, communication, etc.) par sa population et ses acteurs décideurs, à un moindre coût/effort/risque, en temps ordinaire comme en temps perturbé.
- 16 La résilience est définie dans ce contexte comme « potentiel de réactivation/reconfiguration des fonctions de base conditionnant la vie des territoires suite à une perturbation, et leur évolution vers une nouvelle forme de viabilité » (Propeck, 2015, p113; Zhang et al., 2014). Cela sous-entend non seulement une logique et des règles de construction résistante, mais aussi une capacité d'action face à des situations dégradées

diverses ainsi qu'une capacité d'adaptation dans un contexte d'incertitudes. Il est fait référence ici à l'accès aux ressources répondant aux besoins vitaux en période de crise et aux besoins réévalués en phase de « reconstruction », cela au moindre coût (les coûts pouvant être très variés : temps, argent, sécurité, équité sociale...)¹. Interviennent dans ce cadre, autant les caractéristiques physiques du territoire (renforcement des infrastructures de transport et de leur environnement bâti pour assurer la praticabilité des axes de communication stratégiques), que le jeu des acteurs, les aspects sociaux, organisationnels pour activer les capacités de tous ordres (réaffectation des lieux, alternatives de circulation, solidarité...).

- 17 Le recours à l'ergonomie spatiale dans la problématique de la résilience territoriale repose sur l'hypothèse maîtresse que la capacité de résilience d'un territoire après une perturbation brutale ou destruction partielle repose initialement sur le fonctionnement global du territoire avant et pendant l'événement catastrophique. Nous considérons ainsi que la capacité d'un territoire à récupérer ses fonctions vitales après une catastrophe dépend déjà de sa performance globale à mettre à disposition des ressources (au sens large) en temps ordinaire. Il s'agit ainsi de modéliser un système de contraintes spatiales, fonctionnelles et de coûts/effort conditionnant à différentes échelles d'espace et de temps l'accès aux ressources d'un territoire en situation ordinaire et en situation dégradée.
- 18 L'approche par l'ergonomie spatiale peut étayer une approche stratégique de l'aménagement pour :
 - assurer un accès optimum à toutes les ressources par la disponibilité ou la fluidité de circulation en tout genre atténuant les effets barrières et minimisant l'exposition et la vulnérabilité des enjeux aux aléas potentiels,
 - offrir des possibilités de réajustements et redistributions en temps de crise pour assurer l'accès aux ressources prioritaires : maintien/disponibilité des ressources de base, alternatives pour accéder à ces ressources prioritaires, réaffectation des fonctions dans l'espace en faveur des fonctions vitales,
 - réactiver/reconfigurer l'ensemble des ressources pour satisfaire des besoins et objectifs progressivement réévalués

Ergonomie spatiale en temps ordinaire

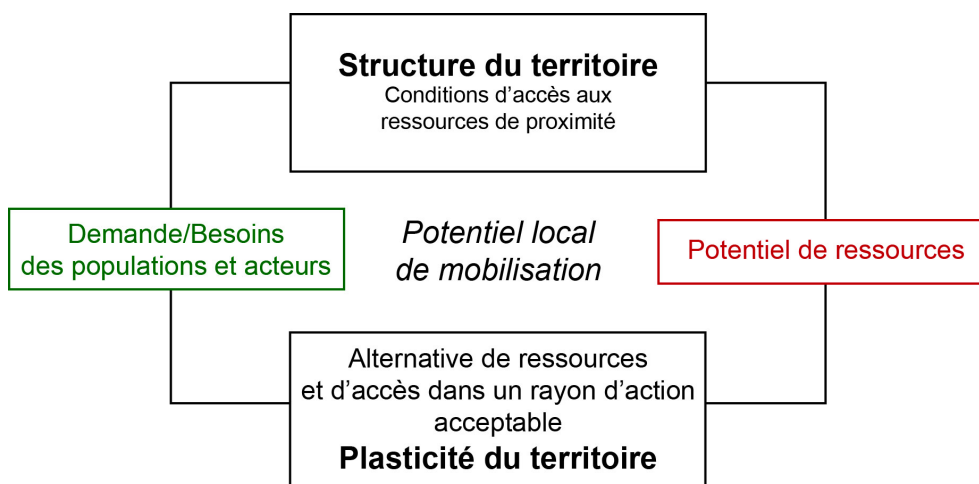
- 19 Pour toute population, la localisation géographique est une des données majeures conditionnant l'accès aux ressources. L'ergonomie spatiale considère la facilité potentielle² d'obtention de (d'accès aux) ressources au moindre coût qu'offre un territoire aux sociétés (population, activités et services associés) à l'endroit où elles vivent.
- 20 Un degré d'ergonomie spatiale pourrait alors être calculé reposant sur deux caractéristiques essentielles du territoire, distinctes, mais imbriquées et complémentaires (Figure 2) :
 - la *structure du territoire* définie par la répartition spatiale des ressources et celle des moyens d'y accéder sur le terrain. L'ergonomie spatiale s'intéresse aux conditions de *mobilisation* des ressources : il s'agit d'évaluer les critères de proximité de ces ressources (pour une obtention immédiate) et les critères d'accessibilité (durée/fréquence...) tenant compte de leur distancement (pour une obtention différée moyennant un déplacement physique du demandeur lui-même ou de la ressource visée (acheminement). Le niveau d'ergonomie est

défini par la plus ou moins grande aptitude à minimiser le coût local de raccordement de l'offre à la demande socio-économique. Cette morphologie fonctionnelle est assez stable à moyen terme. Elle constitue le référentiel sur lequel la société locale, à tous ses niveaux (ménage, entreprise, service...), établit ses modes d'existence à moyen

- la *plasticité du territoire* définie par la possibilité locale de variantes, d'alternatives qu'offre le territoire à l'usager pour ses tâches de base selon ses contraintes du moment (choix possible entre modes de transports, itinéraires, pour les déplacements domicile-travail par exemple, ou encore grandes/petites surfaces distantes ou détaillants de proximité pour l'approvisionnement). Il est fait référence ici à la notion de *ductilité* de l'espace, ou « *Plastic space* » définie par D. Wood (1978).

- 21 Le niveau d'ergonomie est défini dans ce cas par le potentiel d'ajustement des coûts/effort d'accès aux ressources en fonction de l'existence locale d'options d'usage plus ou moins diversifiées et performantes, entre lesquelles l'habitant peut choisir selon les circonstances : double desserte routière et ferroviaire, médecine de ville et médecine hospitalière, commerces indépendants et grande distribution.
- 22 La disponibilité de ces alternatives constitue un facteur adaptatif essentiel. Elle caractérise la souplesse qu'un territoire offre, de façon dynamique, à l'usager, là où il est, pour ajuster ses options au système d'opportunités et de contraintes auquel il est confronté à un moment donné.
- 23 Dans une première étape de la recherche présentée ici, l'ergonomie spatiale est analysée du point de vue du territoire vers l'usager, considérant que la structuration de l'espace constitue une « donnée de base » incontournable pour l'usager : en elle-même, elle lui facilite ou au contraire lui complique plus ou moins l'accès aux ressources. Hybride d'un système d'opportunités et d'un système de contraintes, tout territoire possède « de fait » un niveau d'ergonomie de par la structuration qui est la sienne à un moment donné, quand bien même cette dernière n'est-elle que transitoire, en partie au moins, au fil des aménagements. Les caractéristiques de la population (et donc les vulnérabilités sociales) seront prises en compte dans un deuxième temps, pour évaluer les conditions d'accès aux ressources par la population avec les caractéristiques qui sont les siennes là où elle se trouve.

Figure 2. Modélisation territoriale de l'ergonomie d'accès aux ressources.



- 24 Cette approche par l'ergonomie spatiale examine ainsi à la fois la structure d'ensemble d'un territoire, entité morpho-fonctionnelle faisant l'objet d'une macro-régulation par les gestionnaires/aménageurs, et ses structures locales fines, propices aux dynamiques adaptatives locales et individuelles faisant l'objet de régulations micro par les habitants. Elle s'appuie ainsi sur un modèle de fonctionnement systémique du territoire où s'opèrent des interactions permanentes entre un projet d'aménagement collectif établi à l'échelle macro, et les pratiques variables que l'habitant est plus ou moins en capacité d'ajuster pour répondre à ses besoins, là et dans les conditions du moment où il se trouve. Ces interactions permanentes qui s'exercent à différentes échelles spatio-temporelles génèrent un système complexe spatialisé : des reconfigurations s'opèrent en permanence dans l'espace et le temps en fonction des objectifs des différents acteurs, en particulier la réduction de l'exposition et de la vulnérabilité des enjeux (ressources) aux accidents majeurs. Dans ce contexte, un équilibre dynamique tend à se mettre en place, moyennant des ajustements adaptatifs, maintenant globalement l'orientation fixée au projet initial. L'accident majeur quand il survient peut créer une rupture dans cette trajectoire temporelle. Le système d'opportunités et de contraintes doit être réévalué dans ce nouveau contexte.

Ergonomie spatiale en période de crise et de reconstruction

- 25 Suite à un événement majeur, en période de crise, le degré d'ergonomie spatiale est réévalué selon les deux composantes déclinées plus haut :
- du point de vue structurel, l'ergonomie spatiale cherche à évaluer le maintien/disponibilité et l'accès aux ressources « prioritaires », les ressources essentielles (voire vitales) aux besoins de la population et au fonctionnement du territoire ((re)logement, soins, ravitaillement alimentaire, alimentation électrique...),
 - du point de vue de la plasticité, l'ergonomie spatiale renvoie non seulement aux alternatives permettant d'accéder aux ressources vitales, mais aussi à la capacité du territoire à offrir des opportunités adaptatives en temps réel : réaffectation des ressources non prioritaires pour répondre aux besoins les plus urgents (réorientation d'usage des gymnases en logements provisoires, par exemple).
- 26 La capacité du territoire à démultiplier les possibilités de réajustement en période de crise, soit par réaffectation de certaines ressources par les pouvoirs publics, soit par auto-organisation de l'usager, dépend bien sûr de l'intensité de l'impact immédiat de l'aléa, mais aussi très largement du degré d'ergonomie spatiale déjà présent en période ordinaire. Le « moindre coût » d'accès aux ressources prioritaires est dans le contexte de crise fortement déterminé par le « temps » de réactivation des fonctions de base.
- 27 En période post-crise, la réactivation/reconfiguration dynamique des fonctions de base doit permettre à l'ensemble de la population de ré-accéder progressivement à l'ensemble des ressources. Les objectifs des acteurs sont réévalués au fur et à mesure du processus, pour répondre aux besoins de la population et retrouver un nouvel état d'équilibre offrant le meilleur niveau possible d'ergonomie spatiale. Dans ce contexte, la dynamique et les possibilités de stratégies de redéploiement spatial des ressources vont déterminer en grande partie le caractère plus ou moins résilient du territoire.
- 28 L'approche par l'ergonomie spatiale peut ainsi étayer une nouvelle approche stratégique de l'aménagement pour gérer le risque majeur depuis son origine potentielle jusqu'à sa réalisation effective et le retour vers une nouvelle forme de viabilité. La démarche

méthodologique vise à analyser et cartographier des degrés d'ergonomie spatiale au sein d'un territoire, à analyser les disparités spatiales, en tenant compte de ses caractéristiques structurelles et de son potentiel dynamique d'adaptabilité. Un tel diagnostic peut aider à identifier les points d'appui ou les points faibles de la résilience de ce territoire, et *in fine* à identifier les formes d'organisation et de fonctionnement assurant une ergonomie d'accès optimale aux populations ou catégories d'acteurs selon les caractéristiques qui sont les leurs.

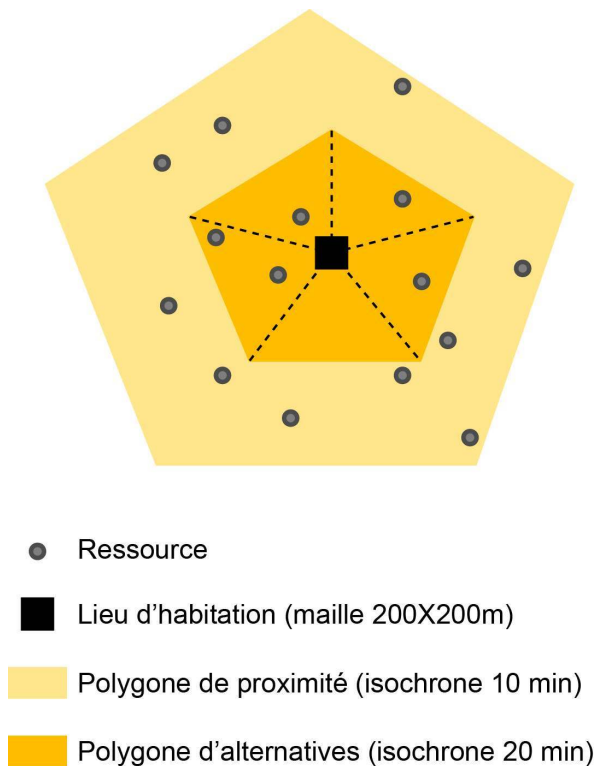
Démarche méthodologique et premières expérimentations sur l'Eurométropole de Strasbourg

- 29 Pour traiter l'articulation territoire/risque/résilience et aider à la mise en place de structures et d'organisations résilientes, la démarche proposée comprend trois étapes :
 - la première étape consiste à évaluer un degré d'ergonomie d'accès aux ressources, en mode de fonctionnement normal, afin d'établir un diagnostic du fonctionnement du territoire intégrant sa complexité organisationnelle de base;
 - la deuxième étape consiste à étudier les possibilités de réajustements en temps de crise, pour assurer l'accès aux ressources prioritaires, en tenant compte des réseaux physiques et fonctionnels (maintien/disponibilité des ressources de base, alternatives pour accéder aux ressources prioritaires, réaffectation des fonctions dans l'espace en faveur des fonctions vitales);
 - la troisième étape vise à identifier les secteurs-clés, pour la remise en service/reconfiguration de l'ensemble des fonctions par ordre de priorité, en phase de résilience.
- 30 Caractériser et cartographier un degré d'ergonomie spatiale dans un cadre de gestion des risques demande ainsi d'élaborer une base de données, en référence à un modèle conceptuel, mettant en relation les connaissances sur les aléas qui constituent l'élément initial perturbateur du fonctionnement du territoire, les enjeux correspondant aux ressources du territoire, leurs vulnérabilités, les critères d'accès aux ressources, contraintes et alternatives, les acteurs. Cela soulève de nombreuses questions : quelle entité spatiale de base pour une telle analyse (limites administratives, entités sur critères morpho-fonctionnels, carroyage...)? Quelles catégories de ressources pour quelles catégories d'acteurs (ménages, entreprises, décideurs/gestionnaires en période de crises)? Quelles ressources à maintenir ou rétablir en priorité suite à un événement perturbateur? Quels critères d'optimisation des coûts d'accès aux ressources (distance, temps, coûts monétaires, coûts sociaux)?
- 31 Nous présentons ici les premières réflexions en privilégiant, dans un premier temps, une seule catégorie d'acteurs : les habitants.

Évaluer un degré d'ergonomie spatiale en mode de fonctionnement normal

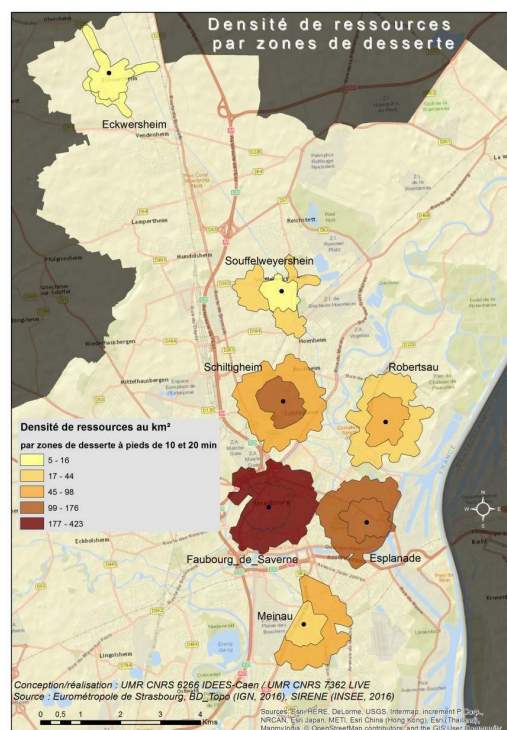
- 32 En situation normale, chaque personne effectue quotidiennement une chaîne d'activités (travail, école, achats, loisirs...) qui sera plus ou moins facilitée en chaque point de l'espace (lieu de résidence qui en constitue le point de départ) en fonction d'une part, de la proximité des ressources et du moindre coût/effort d'accès à ces ressources, et d'autre part des alternatives de ressources et d'accès dans un rayon acceptable (Figure 3).

Figure 3. Structure de l'ergonomie d'accès aux ressources.



- 33 L'ergonomie est mesurée en chaque point de l'espace à partir de mailles de 200*200m. A partir de chaque centroïde et pour chaque mode de déplacement (pieds, vélo, TC, voiture) est calculée une zone accessible en 10 minutes (distance réseau) définissant un polygone de proximité. Le potentiel de ressources est défini par le nombre de ressources (pondéré par leur poids et relativisé par la densité de population), la diversité (panel de ressources disponibles sur un ensemble prédéfini) et leur degré de regroupement. Différents critères de conditions d'accès à ces ressources de proximité ont été définis et construits dans la base de données pour chaque mode (distance et temps via la surface de l'isochrone, densité de réseaux, flux, connectivité, prix, sécurité,...). Les alternatives d'accès sont définies par la diversité des voies de circulation (part de voies favorables à un mode donné, voiture, TC, mode doux). Le potentiel d'alternatives de ressources est évalué dans un rayon d'action de 20 minutes.
- 34 Le degré d'ergonomie en un lieu peut au final s'exprimer sous la forme d'un indicateur global (hiérarchisant le degré d'ergonomie spatiale dans l'espace) ou de profils types (explicitant les combinaisons de facteurs) :
- 35 *Indicateur global d'ergonomie = [Indicateur de potentiel de ressource de proximité* Indicateur de coût d'accès à ces ressources*Indicateur de potentiel d'alternatives]*
- 36 (où * représente une opération de conjonction à définir et non une multiplication)
- 37 La figure 4 montre à titre indicatif sur la carte des zones de desserte à pieds en 10 minutes en différents lieux de l'Eurométropole de Strasbourg et des densités de ressources et, sur le tableau, des différenciations d'accès aux ressources en considérant le nombre, la diversité des ressources, la densité des réseaux, le nombre d'intersections, la part des voies piétonnières, ...

Figure 4. Quelques indicateurs d'ergonomie spatiale à l'Eurométropole de Strasbourg.



Secteur	Nb de ressources	Diversité	Distance/Temps (Surface km²)	Densité réseaux (longueur de voies/km²)	Densité de carrefours (nb/km²)	Part de voies apaisées (%)
Eckwersheim	8	0,44	0,89	25,25	110,34	12,40
Esplanade	171	1	0,97	39,17	152,38	31,77
Fg. Saverne	485	1	1,15	53,69	247,63	63,05
Meinau	32	0,67	0,73	32,92	132,54	6,72
Robertsau	83	1	1,05	34,43	145,97	42,46
Schiltigheim	132	0,89	1,04	38,53	191,69	40,61
Souffelweyersheim	10	0,22	0,64	34,20	144,53	1,95

NB : Diversité des ressources : 1= très diversifié, 0 = pas du tout diversifié

- 38 Au final, les indicateurs d'ergonomie spatiale et les cartographies associées permettent de révéler la disparité des lieux au regard des conditions d'accès aux ressources de la vie courante, qui conditionnent pour une large part les possibilités de réajustement en période de crise.

Evaluer un degré d'ergonomie spatiale en période de crise, et post-crise

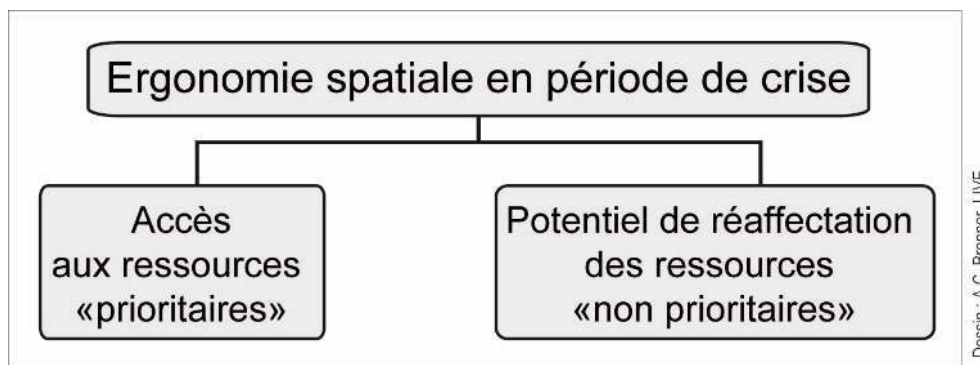
- 39 Lorsqu'un événement majeur survient, le système d'interaction généralisé est coupé, ou du moins fortement perturbé. En période de crise, le degré d'ergonomie spatiale est réévalué selon les deux composantes déclinées plus haut (Figure 5) :

- *du point de vue structurel*, l'ergonomie spatiale cherche à évaluer le maintien/disponibilité et l'accès aux ressources « prioritaires », les ressources essentielles (voire vitales) aux besoins de la population et des secours (hébergement, ressources sanitaires, alimentaires, et énergétiques). Ceci demande de prendre appui sur une base géo-historique des événements passés, sur une analyse des enjeux et vulnérabilités du territoire et des retours d'expérience (Propeck-Zimmermann, 2015; D'Ercole, Metzger, 2009; Metzger et al., 2013, Léone, Vinet, 2006);

- *du point de vue de la plasticité*, l'ergonomie spatiale renvoie, en plus, à la capacité du territoire à offrir des opportunités de réaffectation des ressources non prioritaires dans la zone non impactée ou non directement impactée, pour répondre aux besoins les plus urgents (réaffectation des gymnases en hébergements provisoires, espaces ou centres de loisirs comme lieu de ravitaillement alimentaire par exemple). Il s'agit d'assurer la continuité des activités vitales.

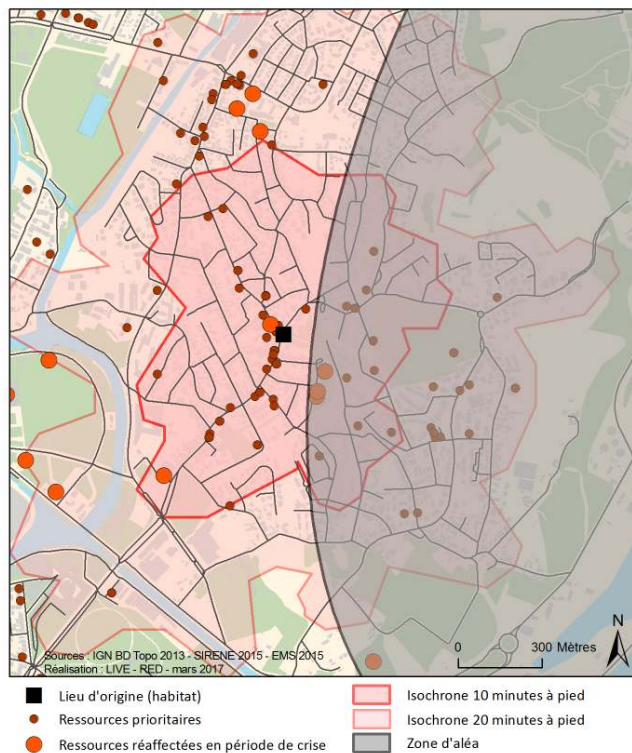
40 On développe ici l'idée que l'environnement de la zone non impactée ou moindrement impactée recèle des ressources disponibles pour pallier à l'urgence et reconstituer la zone impactée. Bon nombre de ces ressources sont aujourd'hui inventoriées à l'échelle communale dans les Plans Communaux de Sauvegarde (PCS) mais demandent à être intégrées dans un modèle de fonctionnement systémique du territoire.

Figure 5. Evaluer l'ergonomie spatiale en situation de crise.



41 La Figure 6 illustre un cas fictif d'explosion d'un stockage de pétrole. Une distinction est faite entre les ressources prioritaires et les ressources non prioritaires pouvant être réaffectées. A partir d'un lieu donné (centroïde d'une maille de 200x200m représenté par le carré noir), certaines ressources du polygone de proximité et du polygone d'alternatives (respectivement isochrones de 10 et 20 min à pieds) ne seront plus disponibles ou accessibles du fait d'un aléa. Il s'agit dès lors, dans un premier temps, de recalculer l'indicateur global d'ergonomie dans cette nouvelle situation. Dans un deuxième temps, il s'agit de calculer un indicateur de potentiel de réaffectation des ressources non prioritaires pour répondre aux besoins, ces besoins sont fonction de la zone potentiellement impactée. Un degré d'ergonomie en situation de crise est évalué en chaque point de l'espace identifiant les espaces les plus critiques lors d'un événement. Le potentiel de réaffectation des ressources non prioritaires (gymnase, centres ou parcs de loisirs,...) pour répondre aux besoins les plus urgents doit tenir compte des besoins cumulés dans un périmètre donné.

Figure 6. Scénario d'évaluation de l'ergonomie spatiale en situation de crise



- 42 En période post-crise, s'opère un redéploiement dynamique des fonctions de base permettant de restaurer pour l'ensemble de la population l'accès à l'ensemble des ressources. Dans ce contexte, le panel plus ou moins large de solutions possibles pour le redéploiement spatial des ressources va révéler le potentiel plus ou moins élevé de résilience du territoire.

Conclusion

- 43 Proposer une aide à la définition de stratégies de résilience demande de comprendre globalement les situations à risques telles qu'elles peuvent émerger, interférer et finalement dégénérer en catastrophe au sein des territoires, à leurs diverses échelles spatio-temporelles de fonctionnement. L'approche par l'ergonomie spatiale peut étayer une nouvelle approche stratégique de l'aménagement pour gérer le risque majeur depuis son origine potentielle jusqu'à sa réalisation effective et l'évolution vers une nouvelle forme d'équilibre. A l'heure de l'aggravation et de la diffusion des risques de tous ordres, à l'heure aussi de l'incertitude croissante qui frappe les prises de décision face à la complexification des territoires, cette approche innovante via l'ergonomie spatiale propose une « philosophie » d'*anticipation territoriale* sur l'évènement redouté : la prévention, l'intervention et la réparation sont intégrées d'entrée dans une orientation d'aménagement. Il s'agit d'un aménagement qui minimise, déjà en temps ordinaire, l'effort à consentir au quotidien pour accéder aux ressources, mais facilite aussi les solutions de remplacement puis de retour à la « normale » lorsque l'urgence l'impose. La démarche présentée s'attache au diagnostic du « fonctionnement du territoire » intégrant sa complexité organisationnelle. Il sera nécessaire dans un deuxième temps de compléter

l'analyse des différenciations socio-spatiales par la prise en compte des caractéristiques des populations et leurs capacités à accéder aux ressources là où elles se trouvent.

- 44 L'ensemble de la démarche a donc pour but de construire une information territoriale de synthèse pour étayer une stratégie globale de développement de résilience. L'objectif est de *définir des schémas d'organisation géographique ergonomique résiliente* permettant au moindre coût (en particulier de temps) d'assurer un fonctionnement minimal de survie lors de l'événement et servir, dans un deuxième temps, d'appui au rétablissement de toutes les fonctions du territoire. La structure organisationnelle doit répondre aux besoins vitaux de la population (se protéger, s'alimenter, se déplacer,...) et aux besoins stratégiques des gestionnaires/responsables des secours (accéder aux lieux sinistrés, évacuer les blessés vers les hôpitaux,...). Il s'agit, en somme, d'établir « le schéma d'une organisation des répartitions invariantes minimales de survie », et le schéma des ajustements dynamiques nécessaires pour évoluer vers une structure à la fois plus résistante et plus résiliente. L'ergonomie spatiale de crise doit être incluse dans le « kit » d'ergonomie de vie d'une société en son territoire.

Remerciements

- 45 Les recherches sur la modélisation de l'ergonomie spatiale sont menées dans le cadre pluridisciplinaire de l'ANR RED (Risques émergents de la mobilité durable), les auteurs remercient tous les participants à ce programme.

Biographies

- 46 Eliane Propeck-Zimmermann est Professeure à la Faculté de géographie et d'aménagement de Strasbourg, qu'elle a intégrée en 2009, après avoir débuté sa carrière à Caen en 1995. Co-Responsable du pôle pluridisciplinaire « Risques » de la MRSH de Caen de 2000 à 2008. Chercheuse associée au Centre de Recherche en Géomatique de l'Université Laval de Québec de 2008 à 2009. Les recherches portent sur l'analyse spatiale et la cartographie des risques technologiques (industriels, routiers), des vulnérabilités et de la résilience des territoires.
- 47 Thierry Saint-Gérard est Professeur de géographie et directeur du laboratoire IDEES Caen. MCF à Paris I en 1988, puis à l'UCBN depuis 1993, HDR soutenue à l'université de Rouen en 2002. Il a assuré la direction du Master2 « Géomatique des Risques et Traitement de l'Information Géographique » de 1999 à 2009. Spécialisé dans les méthodologies de modélisation SIG de l'information spatiale, il a assuré la responsabilité de différents programmes de recherche sur les risques socio-techniques.
- 48 Hélène Haniotou est enseignante-chercheur à l'Université technique nationale d'Athènes (NTUA) depuis 2009 (Assistant Professor, puis à partir de 2015 Associate Professor), et directrice du Laboratoire de Projet urbain depuis 2013. Elle a travaillé comme architecte et designer urbain à Athènes avec plusieurs prix dans des concours nationaux, consultante à la Commission européenne (DG Environnement), enseignante-chercheur associée à l'ENSAS et à la Faculté de Géographie et d'Aménagement à Strasbourg.
- 49 Sophie Lizard est docteur en géographie, ingénieure de recherche au LIVE dans le cadre du projet RED sur les Risques Émergents de la mobilité Durable (ANR 2014). Ses recherches portent sur des questions de durabilité des territoires et de prospective

(développement urbain, adaptation au changement climatique). Depuis avril 2017, elle est chargée de recherche post-doc au laboratoire Gestion Territoriale de l'Eau et de l'Environnement (GESTE UMR Irstea - Engées).

- 50 Mohand Medjkane est Docteur en géographie. Après avoir soutenu sa thèse à l'Université de Caen en 2011, il a participé à de nombreux programmes de recherche sur les risques. Il occupe depuis 2016 un poste d'ingénieur de recherche à l'UFR de Géographie de Caen.

BIBLIOGRAPHIE

Aschan-Leygonie, C., 2000, Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux, *L'espace géographique*, 29(1), pp. 64-77, doi:10.3406/spgeo.2000.1968

Amalberti, R., 2005, *La Conduite des systèmes à risque*, 2^e édition, PUF.

Antoni, J.-Ph., 2014, *Modélisation et anticipation urbaines. Éléments théoriques pour une approche géo-ergonomique*, Habilitation à diriger des Recherches, vol. 1. Université de Franche-Comté, École doctorale « Langages, espaces, temps, sociétés », Laboratoire ThéMA – UMR 6049 CNRS.

Cutter, S. L., L. Barnes, M. Berry, C. Burton, E. Evans, E. Tate et J. Webb, 2008, A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Environmental Change*, 18(4), pp. 598-606, doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013

D'Ercole, R. et P. Metzger, 2009, La vulnérabilité territoriale : une nouvelle approche des risques en milieu urbain, *Cybergeographie : European Journal of Geography* [En ligne], Dossiers, document 447, mis en ligne le 31 mars 2009, consulté le 30 mai 2017, URL : <http://cybergeographie.revues.org/22022> ; DOI : 10.4000/cybergeographie.22022

Fleury, D., 2009, L'ergonomie spatiale, réflexion sur une avancée conceptuelle. *Transports urbains*, GETUM N 116.

Gunderson, L. H. et C. S. Holling, 2002, *Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural*. Island Press

Laville, A., 1976, *L'ergonomie*. PUF, 128 p.

Léone F. et F. Vinet, 2006, *La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles. Analyses géographiques*, Géorisques 1, Coll GESTER, Montpellier. Publications de l'Université Paul Valéry.

Lhomme S., R. Laganier, Y. Diab et D. Serre, 2013, Un prototype SIG pour analyser la résilience urbaine : application à la ville de Dublin », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Volume 13 Numéro 3 | décembre 2013, mis en ligne le 30 décembre 2013, URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/14502> ; DOI : 10.4000/vertigo.14502

Montmollin, (de) M., 1967, *Les systèmes hommes-machines*, PUF, 248 p.

Noulin, M., 1992, *L'ergonomie*, Technip, 173 p.

Metzger, P., J. Robert, A. Sierra, R. D'Ercole, P. Hardy et P. Gluski, 2013, Dimensions spatiales et territoriales de la gestion de crise : les ressources de décision et d'intervention à Lima et Callao, *Revue Géographique de l'Est*, vol53/1-2/2013

Pigeon, P., 2012, Paradoxe de l'urbanisation. Pourquoi les catastrophes n'empêchent-elles pas l'urbanisation? L'Harmattan, Paris, 230 p.

Propeck-Zimmermann, E., T. Saint-Gérard et E. Bonnet, 2007, Probabilités, risques et gestion territoriale : champ d'action des PPRT. *GEOCARREFOUR Risque : de la recherche à la gestion territorialisée*, Vol.82, N 1-2

Propeck-Zimmermann, E., 2015, *Modélisation des risques et décision territoriale. Recherche sur les risques socio-techniques en milieu urbain*, H.D.R., Université de Caen.

Provitolo, D., 2012, The contribution of science and technology to meeting the challenge of risk and disaster reduction in developing countries : From concrete examples to the proposal of a conceptual model of Resiliency Vulnerability, dans: Bolay, J.C., Schmid, M., Tejada, G. & Hazboun, E. (Eds), *Technologies and Innovations for Development*, Springer-Verlag, pp. 131-153

Reymond, H., 2009, L'intérêt géographique de la logique de S. Lupasco et de la théorie de la néoténie : proposition d'un crible transdisciplinaire pour l'étude de la résilience des géosystèmes urbains, *Cybergeo* [en ligne], Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 451, doi : 10.4000/cybergeo.22397

Saint-Gérard, T., 2002, *S.I.G. : Structures conceptuelles pour l'analyse spatiale*, H.D.R., Université de Rouen

Voiron-Canicio, C., 2015, Une ville "résiliente"? Quid de l'innovation dans la marche vers la durabilité urbaine, in I. Hajek et P. Hamman, *La gouvernance de la ville durable entre déclin et réinventions - Une comparaison Nord/Sud*, Première édition, Presses Universitaires de Rennes, pp. 267-277

Wood, D., 1978, Introducing the cartography of reality. in Samuels M. and Ley D., (eds.), *Humanistic Geography: Prospects and Problems*, Maaroufa Press, Chicago, 1978, pp. 207-219

Zhang, Y., M. Aziz-Alaoui, C. Bertelle et J. Guan, 2014, Local nash equilibrium in social networks. *Nature Sci. Rep.* 4 : 6224, <http://dx.doi.org/10.1038/srep06224>

NOTES

1. Dans l'acception de l'ergonomie spatiale, "coût" doit être considéré dans son sens "généralisé", c'est à dire englobant non seulement la dimension économique (essentiellement financière) habituellement attachée à ce terme, mais aussi l'ensemble des domaines d'efforts en tous genres à assumer pour les différents types d'utilisateurs, selon le moment et le lieu où ils sont localisés, selon le statut qui est le leur (décideurs publics, entrepreneurs, ou habitants-utilisateurs): budget-temps, pénibilité, complications, dépendances,...).
2. Facilité "potentielle", car plus ou moins mobilisable par l'utilisateur selon notamment ses caractéristiques sociales.

RÉSUMÉS

L'hypothèse maîtresse que la capacité d'un territoire à récupérer ses fonctions de base après une catastrophe dépend de son niveau de performance globale déjà présent en période normale à mettre à disposition des ressources (au sens large : services, activités, ravitaillement, communication, etc.). Il s'agit ainsi de modéliser le système de contraintes spatiales, fonctionnelles et de coûts/effort, conditionnant, à différentes échelles d'espace et de temps, la mobilisation des ressources d'un territoire, par sa population et par ses acteurs décideurs, en situation ordinaire et en situation dégradée. Nous présentons ici une première exploration sur la capacité qu'offre le rapprochement « ergonomie spatiale/résilience territoriale » à produire des outils de diagnostic pour aider au développement d'une gestion résiliente. La démarche méthodologique pour analyser et cartographier un degré d'ergonomie spatiale au sein d'un territoire sera présentée à travers un exemple expérimental sur l'agglomération strasbourgeoise. L'ensemble de la démarche a pour but de construire une information de synthèse qui puisse aider à définir un schéma innovant en matière d'organisation et de fonctionnement résilients.

The use of spatial ergonomics in the issue of resilience is based on the assumption that the ability of a territory to recover its basic functions after a disaster depends on its overall performance level already present during normal times to make available its resources (in the broadest sense: services, activities, supplies, communication, etc.). It is thus necessary to model the system of spatial, functional and cost constraints, conditioning, at different spatial and temporal scales, access to the resources of a territory, by its population and its decision-makers (institutions, Companies), in ordinary situations and in a degraded situation. We present here a first exploration on the capacity of the relation "spatial ergonomics / territorial resilience" to produce diagnostic tools to help develop a resilient management. The methodological approach to analyzing and mapping a degree of spatial ergonomics within a territory will be presented through an experimental example on the Strasbourg agglomeration. The aim of the whole approach is to construct renewed and synthetical information useful to design organization and functioning schemes of resilience.

INDEX

Keywords : spatial ergonomics, territorial resilience, territorial functioning, resources, GIS

Mots-clés : ergonomie spatiale, résilience territoriale, fonctionnement du territoire, ressources, SIG

AUTEURS

ELIANE PROPECK-ZIMMERMANN

Professeure, Laboratoire Image, Ville, Environnement, UMR 7362 CNRS, Université de Strasbourg,
3 rue de l'Argonne, 67000 Strasbourg, France, courriel : eliane.propeck@live-cnrs.unistra.fr

THIERRY SAINT-GÉRAND

Professeur, Laboratoire IDEES Caen, UMR 6266 CNRS, Université de Caen, Esplanade de la Paix,
14032 Caen Cedex, France, courriel : thierry.saint-gerand@unicaen.fr

HÉLÈNE HANIOTOU

Professeure associée, université polytechnique nationale d'Athènes, Patission 42, 10682 Athènes,
Grèce, téléphone : +30 210 7723822, courriel : hhaniotou@arch.ntua.gr

SOPHIE LIZIARD

Ingénieure de recherche Laboratoire Image, Ville, Environnement, UMR 7362 CNRS, Université de
Strasbourg, 3 rue de l'Argonne, 67000 Strasbourg, France, courriel : sophieliziard@gmail.com

MOHAND MEDJKANE

Ingénieur de recherche, Laboratoire IDEES Caen, UMR 6266 CNRS, Université de Caen, Esplanade
de la Paix, 14032 Caen Cedex, France, courriel : mohand.medjkane@unicaen.fr