
Optimisation combinatoire de l'affectation interne de la population de Nice aux centres d'accueil en cas de séisme

Kamal SERRHINI¹, Gaëtan PALKA², Mindjid MAIZIA¹, Emmanuel NÉRON³

¹ UMR CNRS 7324 Citeres, équipe Ipape, Université François-Rabelais de Tours
35 Allée Ferdinand de Lesseps - 37000 Tours, France
kamal.serrhini@univ-tours.fr

² Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL
gaetan.palka@wsl.ch

² Laboratoire d'Informatique (LI), Université François-Rabelais de Tours
emmanuel.neron@univ-tours.fr

RÉSUMÉ. Sur une échelle allant de 1 (très faible) à 5 (forte), la ville de Nice est en zone de sismicité moyenne (niveau 4). Il s'agit du niveau le plus élevé en France métropolitaine selon le zonage réglementaire national du 1^{er} mai 2011. Le Plan Communal de Sauvegarde (PCS) de Nice présente une liste renseignée de Centres d'Accueil et de REgroupement (CARE) destinés à recevoir les sans-abris dans le cadre d'une évacuation interne et post-séisme. Cet article présente une optimisation multicritère de l'affectation pédestre des sinistrés aux CARE en minimisant la distance (euclidienne ou réseau) et en maximisant la capacité des CARE. En tant que première étape de la chaîne de soutien à la population (PCS), le bon déroulement de cette affectation permettra une meilleure prise en charge de la population par les acteurs de gestion d'une crise sismique (Mairie, réserve de sécurité civile, etc.).

ABSTRACT. On a scale from 1 (very low) to 5 (strong), the city of Nice (South-East of France) is in a medium seismicity zone (level 4). The "Plan Communal de Sauvegarde - PCS" (municipal plan of protection) of Nice presents an informed list of shelters intended to receive the homeless in the context of an internal and post-earthquake evacuation. This paper presents a multicriteria optimization of the pedestrian assignment of the victims to the shelters by minimizing the distance (euclidean or network) and maximizing the capacity of the shelters. As a first step in the population support chain (PCS), the smooth running of this allocation will improve the management of the evacuees by the seismic crisis actors.

MOTS-CLÉS : gestion du risque sismique, affectation des sans-abris aux centres d'accueil et de regroupement, optimisation combinatoire, temps polynomial, problème NP-difficile

KEYWORDS: earthquake risk management, assignment of population to internal shelters, combinatorial optimization, polynomial time, NP-hard problem

1. Objectif

Dans le cadre de l'évacuation interne (post séisme) du plan de soutien à la population de Nice, l'objectif de cette contribution est l'optimisation de l'affectation des sans-abris (NSA) aux Centres d'Accueil et de regroupement (CARE) selon deux critères : (1) la minimisation de la distance (euclidienne ou réseau) séparant chaque bâtiment du CARE d'attribution ; (2) et la maximisation de la capacité des CARE.

2. Intérêts de la démarche

Une **compétition** s'instaure entre les bâtiments durant leur affectation aboutissant à des plans d'évacuation sous optimaux : attribution des bâtiments selon un ordre **aléatoire** (Collette et *al.*, 2002, p. 16-17)¹ que les outils du marché (SIG) ne prennent pas en compte.

Pour les gestionnaires de crise et contrairement à Saadatseresht et *al.* (2009, p. 307), la population d'un même bâtiment sera entièrement affectée ou non : contrainte **d'indivisibilité**.

Vu le nombre astronomique d'ordonnancement possibles de bâtiments, le plan d'évacuation optimal ne peut être déterminé de façon exacte à l'échelle d'une vie humaine. D'où la démarche développée (en Python) ci-dessous.

3. Application sur Nice

Le scénario sismique de référence retenu est celui de Ligure (Mw = 6.9) modélisé avec le modèle Armagedon du BRGM (Sedan et *al.*, 2013)². Ainsi, pour un total de **50634** bâtiments, le nombre de sans-abris (NSA) s'élève à **99314** :

Nbr bâtiments	Min(NSA)	Max(NSA)	Moy(NSA)	Écart-type(NSA)
50634	0.00005610	2377.491	1.961	21.769

Pour un ensemble de 187 CARE, la capacité d'accueil totale disponible est égale à **83731** places (PCS de Nice). Cette instance montre que la capacité d'accueil disponible (83731) est insuffisante pour accueillir tous les sans-abris (99314).

3.1 Affectation mono critère selon la distance réseau : plan de référence

La Figure 1 ci-dessous montre l'impact du relief et du réseau routier sur l'aspect allongé des zones d'influence des CARE par rapport à une forme isotrope dans le cas de la distance euclidienne. La fonction coût de l'affectation en distance réseau

¹ Collette Ya., Siarry P. Optimisation Multiobjectif. Eyrolles, 2002, 328 p.

² Sedan O., Negulescu C., Terrier M., Roule A., Winter Th., Bertil D. Armagedon - A Tool for Seismic Risk Assessment Illustrated with Applications, Journal of Earthquake Engineering, BRGM - RNSC/RIS, Orleans, France, 17:2, 2103, pp. 253-281.

(34899.44 km.p) est supérieure de **40%** à celle de l'attribution en distance euclidienne (20438.76 km.p).

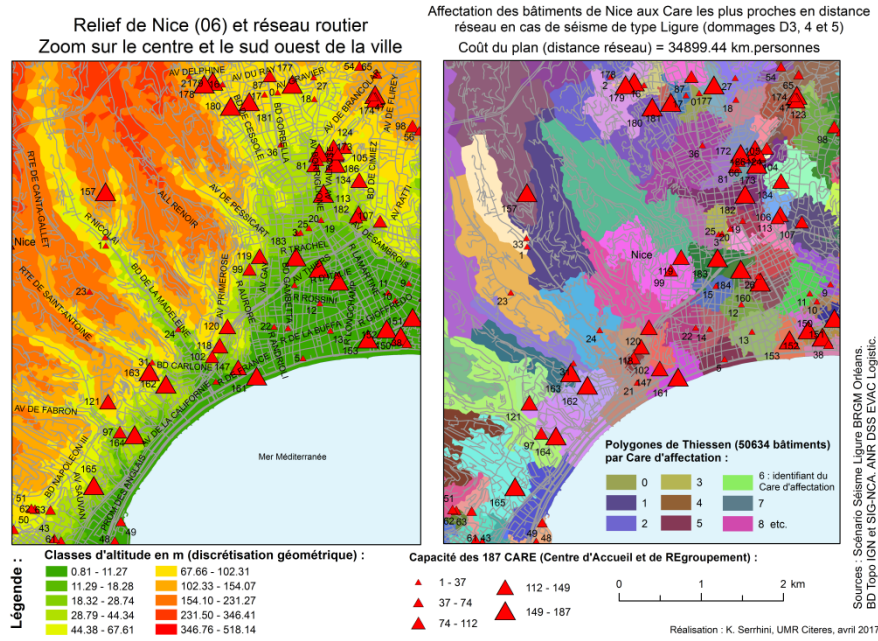


FIGURE 1. Affection des bâtiments de Nice aux CARE selon la distance réseau seule (à droite) en cas de séisme de type Ligure ($M_w = 6.9$; dommages D3, 4 et 5)

3.2 Affectation multi critère : la distance et la capacité des CARE

L'affectation des immeubles, après un tri croissant de leur NSA, permet d'évacuer vers les CARE **99.9%** des bâtiments soit **81.04 %** de sans-abris (80485 personnes) pour un coût de **2508247.23 km.p**.

En revanche, une évacuation priorisant les bâtiments les plus peuplés (tri décroissant du NSA) ne permet d'affecter que **10.61%** des bâtiments correspondant à une proportion légèrement plus importante de la population sinistrée **84,31%** (83730 personnes) pour un coût de **281321.2 km.p**.

Selon les gestionnaires de crise et contrairement à Saadatsresht et *al.* (2009, p. 307)³, l'évacuation prioritaire des bâtiments de faible densité, bien qu'elle ne permette l'évacuation que de 81.04% de sans-abris (contre 84.31% en débutant par les bâtiments de forte densité) est plus intéressante. En effet, sur 99,9% des bâtiments affectés, il ne reste plus que **30 (0,1%)** bâtiments de forte densité à prendre en charge dans le cadre de la gestion des enjeux majeurs.

³ Saadatsresht, M., Mansourian, A., Talei, M. Evacuation planning using multiobjective evolutionary optimization approach. European Journal of Operational Research 198, 2009, pages 305-314.

La comparaison du précédent plan à celui de référence montre que sur 50634 bâtiments à évacuer, **43430 (85.77%)** ont la même affectation avec un coût égal à **9464.71 km.p**. Ces bâtiments de même affectation correspondent à seulement **19090 sans-abris (19.22%)**.

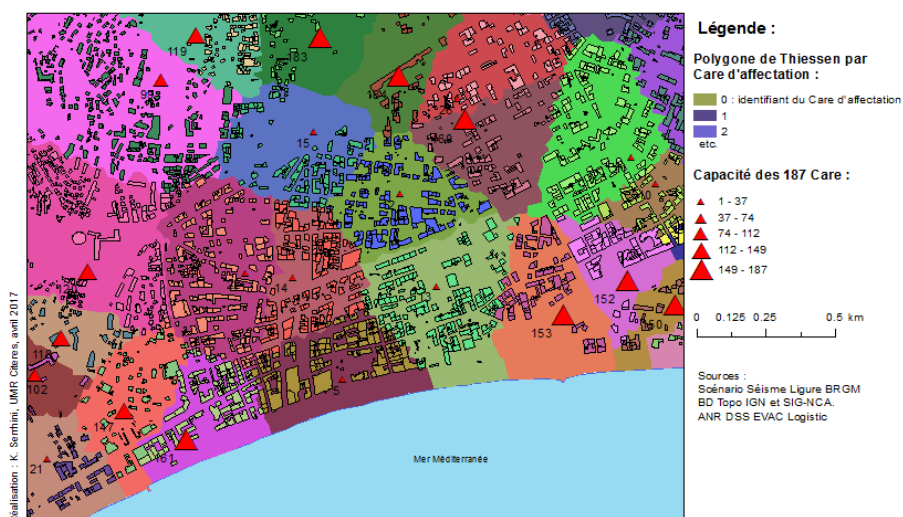


FIGURE 2. Superposition de deux plans d'évacuation mono et multi objectif avec un zoom sur le centre de Nice. Sèisme de Ligure Mw6.9, dommages D3, 4 et 5

Avec une affectation **multi objectif optimale**, les 43430 bâtiments sont retranchés de l'instance initiale du site de Nice ("séparation"). Ainsi, après mise à jour des capacités des CARE (64640), la nouvelle instance constituée de **7204** bâtiments restants sera cette fois-ci affectée d'une manière **combinatoire** ("évaluation"). Ainsi, sur **55900** plans calculés pour cette seconde instance la solution à retenir peut être un compromis (le plus petit rapport) entre la fonction coût et le nombre de bâtiments affectés correspondant.

3. Conclusion

Des critères supplémentaires peuvent être considérés dont une distance limite de marche pour les sinistrés, l'occupation différenciée des bâtiments (logements, bureaux...) le jour et la nuit ou encore la forte présence des touristes l'été. Cette méthode peut être appliquée surtout aux territoires dont la capacité des CARE est insuffisante et dont une majorité des bâtiments endommagés possède un faible NSA facilitant les opérations de gestion d'une crise sismique. Les quelques immeubles et tours de bureaux (30 dans le cas de Nice) de forte densité de NSA peuvent être gérés d'une manière spécifique. L'adaptation de nos territoires aux risques naturels majeurs est plus que jamais nécessaire dans le contexte actuel de changement du climat.