

# BRKGA multi-objectif pour la localisation de sites stratégiques

Thiago A. Virgilio<sup>1</sup>, Luciana S. Pessoa<sup>1</sup>, Andréa Cynthia Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial, Brasil  
thiagovirgilio@aluno.puc-rio.br, lucianapessoa@puc-rio.br

<sup>2</sup> Normandie Université, UNIHAVRE, UNIROUEN, INSA ROUEN, LITIS,  
Institut Supérieur d'Études Logistiques (ISEL), Le Havre, France  
andrea-cynthia.duhamel@univ-lehavre.fr

**Mots-clés :** *problèmes de localisation, heuristiques, gestion de crise, logistique humanitaire.*

## 1 Introduction

Les problèmes de localisation sont étudiés depuis le travail pionnier de [1] et consistent à localiser des sites stratégiques (hubs, points de distribution, écoles, casernes pompiers, etc) parmi un ensemble de localisations potentielles pour des objectifs divers. En gestion de crise, les problèmes de localisation les plus couramment ciblés sont le  $p$ -médianes, le  $p$ -centres, la couverture maximale et l'*obnoxious*  $p$ -médianes. L'objectif du  $p$ -médianes est de placer des sites stratégiques afin que la distance totale des sites aux demandes soit minimisée. Le  $p$ -centres a pour objectif la minimisation de la distance de la demande la plus éloignée d'un des  $p$  centres. Le problème de couverture maximale vise à localiser des sites stratégiques pour desservir le maximum de points de demandes possibles en satisfaisant, en général, des contraintes de ressources. Finalement, l'*obnoxious*  $p$ -médianes consiste à localiser des sites indésirables afin de maximiser la distance minimale entre la population et ces  $p$  sites.

Dans le contexte urbain, il est très difficile de changer la trame urbaine afin de revoir le positionnement de sites stratégiques. Cependant, ces problèmes connaissent un nouvel élan à l'issu des applications en gestion de crises majeures. Une grande partie des travaux est dédiée à la phase d'anticipation avec pour objectif de localiser au mieux et en amont des ressources stratégiques. Une autre gamme de problèmes émerge dans le cadre opérationnel où la localisation de sites (tentes médicales, points d'aide humanitaire, distribution, vaccination, etc) est éphémère. Les études de problèmes de localisation en gestion de crise datent des années 80 et abordent notamment les urgences fréquentes type incendies, accidents de la route, inondations locales, etc [4]. Depuis les années 2000, les premiers travaux pour la localisation à grande échelle apparaissent [2, 3]. A notre connaissance, le travail [5] est l'un des premiers à intégrer une dynamique de la localisation en fonction du type de catastrophe.

Ce travail est dédié à l'intégration de deux problèmes classiques, le  $p$ -médianes et le  $p$ -centres, dans une approche multi-objectif. Ceci permet par exemple, de trouver des solutions de compromis et de traiter ces cas de localisation éphémère en gestion de crises majeures. Ce type de problème intégré trouve des applications en crises biologiques où les sites de stockage et de soins sont modélisés par ces problèmes comme discuter en [2]. Le travail [6] propose une méthode exacte basée sur *goal programming* et *branch-and-cut* pour la résolution de trois problèmes de localisation. A notre connaissance, nous sommes les premiers à proposer une approche métaheuristique du type BRKGA (*Biased Random-Key Genetic Algorithm*) pour l'intégration des problèmes des  $p$ -médianes et  $p$ -centres.

### 1.1 Méthode et perspectives

Le BRKGA a été proposé par [7] et correspond à un Algorithme Génétique (AG) où les chromosomes sont génériques et représentés par des clés aléatoires. Celles-ci sont représentées

par un vecteur contenant des nombres aléatoires dans l'intervalle  $[0,1]$ . Ces valeurs doivent être interprétées dans une procédure spécifique au problème, appelée couramment de décodeur. Le fonctionnement de l'AG reste classique, c'est-à-dire, un ensemble de  $M$  chromosomes définit une population qui évolue au long des itérations de l'AG. Les forces du BRKGA sont la réduction du temps de développement issue de l'indépendance de la représentation des chromosomes par rapport au problème traité et les problèmes induits par une représentation dédiée.

Plusieurs possibilités existent afin d'adapter le BRKGA à une version multi-objectif. Nous étudions dans ce travail, le remplacement de la fonction de *fitness* par un triplé de fonctions  $\{f_1(x), f_2(x), \mathcal{G}(x)\}$  qui correspondent aux valeurs d'évaluation des deux objectifs, ici  $f_1(x)$  est le coût du  $p$ -médianes,  $f_2(x)$  est le coût du  $p$ -centres, et la fonction agrégée  $\mathcal{G}(x)$  intègre ces deux fonctions comme illustré dans l'équation 1.

$$\mathcal{G}(x) = \alpha f_1(x) + [1 - \alpha] f_2(x) \quad \alpha \in [0, 1] \quad (1)$$

L'évolution de l'algorithme génétique est réalisée en considérant la minimisation de  $\mathcal{G}(x)$  et les fronts sont construits en utilisant la règle de dominance au sens de Pareto avec les valeurs de  $f_1(x)$  et  $f_2(x)$ . Nous étudions différentes façons de converger les solutions en fonction du paramètre  $\alpha$ . La fonction d'agrégation permet aussi de trouver les extrémités du front de Pareto car si  $\alpha = 0$ , la fonction  $f_2(x)$  sera optimisée, alors que si  $\alpha = 1$ , c'est la fonction  $f_1(x)$  qui sera minimisée. Une solution pour le problème traité ici est représentée par un vecteur  $x$  de  $n$  clés aléatoires, où chaque clé est associée à un potentiel site à ouvrir. Initialement, le décodeur réalise un tri croissant en utilisant les valeurs des clés. Les  $p$  premiers clés définissent les sites stratégiques à ouvrir. Ensuite, les  $n - p$  sites sont reliés au site  $p$  le plus proche en termes de distance. Après la construction de la solution, la fonction de *fitness* citée précédemment est utilisée pour l'évaluer. Des tests préliminaires indiquent que cette stratégie est performante. Les solutions optimales pour le  $p$ -médianes et le  $p$ -centres, séparément, ont été obtenues pour des instances de petite taille.

Ce travail ouvre plusieurs perspectives, par exemple, nous pouvons utiliser ce *framework* pour l'intégration d'autres problèmes de localisation comme ceux cités précédemment. D'autres stratégies pour la version bi-objectif du BRKGA sont envisagées, comme l'utilisation des opérateurs bi-objectifs du type *ranking* et *crowding distance*.

## Références

- [1] Sylvester J. J. (1857). A question in the geometry of situation, *Quarterly Journal of Pure and Applied Mathematics*, v. 1, p. 79.
- [2] Jia H., Ordóñez F., Dessouky M. (2007). Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers and Industrial Engineering*, 52(2), 257–276.
- [3] Huang R., Kim S., Menezes M. (2010). Facility location for large-scale emergencies. *Annals of Operations Research*, 181(1), 271–286.
- [4] Nahleh Y. A., Kumar A., Daver F. (2013). Facility location problem in emergency logistic. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, 7(10), 1038-1043.
- [5] Duhamel C., Santos A. C., Brasil D., Châtelet E., Birregah B. (2016) Connecting a population dynamic model with a multi-period location-allocation problem for post-disaster relief operations. *Annals of Operations Research, OR Confronting Crisis*, 247(2), 693-713.
- [6] Karatas M., Yakıcı E. (2018). An iterative solution approach to a multi-objective facility location problem, *Applied Soft Computing*, 62, 272–287.
- [7] Gonçalves J. F. and Resende M.G.C. (2011). Biased random-key genetic algorithms for combinatorial optimization. *Journal of Heuristics*, v. 17, p. 487–525.