

# Approche Heuristique pour un Partitionnement Territorial Équilibré, Compact et Contigu

Firdawss Bouamlat, Cléa Martinez, Safa Bhar Layeb

Centre Génie Industriel, IMT Mines Albi, Université de Toulouse, Albi, France  
{firdawss.bouamlat, clea.martinez, safa.layeb}@mines-albi.fr

**Keywords :** *Heuristique ; Contiguïté ; Compacité ; Partitionnement territorial.*

## 1 Introduction

La désertification médicale dans les territoires ruraux engendre des inégalités spatiales d'accès aux soins de premier recours. Face à cette situation, les modèles de partitionnement territorial ou "districting" constituent un levier méthodologique pour repenser l'organisation spatiale de l'offre de soins. Dans la littérature existante (e.g. [1]), ces modèles visent à créer des districts géographiquement continus, non dispersés et équilibrés, dits contigus, compacts, où la répartition de la charge entre les districts est uniforme. Cependant, la formulation exacte de ces modèles atteint rapidement ses limites. Les contraintes de contiguïté ainsi que l'équilibre de la charge ne sont pas faciles à modéliser ni à intégrer conjointement dans un seul modèle [2].

Dans ce travail, notre objectif est de trouver une solution qui assure un compromis entre ces contraintes. En effet, nous proposons une approche de sectorisation appliquée au département du Tarn, où les communes constituent les unités à regrouper en districts. Nous visons à assurer la contiguïté, la compacité ainsi que l'équilibre de la charge entre districts.

## 2 Sectorisation territoriale

La formulation proposée par Benzarti et al. [3] permet de minimiser l'écart de charges en imposant une contrainte de compacité via un diamètre  $L_{\max}$ . Toutefois, cette modélisation n'intègre pas la contiguïté comme contrainte stricte. Nous l'adaptions en introduisant une contrainte de dominance stricte: pour toute commune  $i$  assignée au district  $k$ , la distance  $d(i, k)$  doit être inférieure à la distance vers tout autre centre de district  $j$  ( $j \neq k$ ). Cependant, malgré la minimisation de l'écart de charge, les districts présentent un déséquilibre significatif et l'absence de contrainte explicite de contiguïté se traduit par des districts non continus spatialement.

Pour réparer les solutions ainsi obtenues, nous proposons une approche heuristique basée sur plusieurs étapes. Initialement nous rétablissons la contiguïté via l'algorithme de Diglio et al. [4]. Pour chaque district  $D_k$  fragmenté en composantes connexes  $\mathcal{C}_k^j$ , seule la composante principale  $\mathcal{C}_k^{\text{main}} = \arg \max_j |\mathcal{C}_k^j|$  est conservée. Les unités isolées sont réaffectées au district adjacent  $i$  minimisant  $d(i, k)$  et assurant la contiguïté.

Sur cette base, une série d'algorithmes de rééquilibrage a été implémentée. La charge de chaque district est contrainte dans l'intervalle  $[\text{seuil}_{\min}, \text{seuil}_{\max}]$  pour éviter les cas de sous-charge et de surcharge. Le premier algorithme effectue des transferts itératifs d'unités entre districts adjacents visant à minimiser la variance inter-districts tout en préservant la contiguïté et la compacité via le respect du diamètre maximal  $L_{\max}$ . Les districts sous-peuplés sont ensuite fusionnés avec des voisins, sous contrainte de compacité. Les districts surchargés font l'objet d'une division par un algorithme de clustering spatial de type  $k$ -means avec vérification de la contiguïté des sous-districts résultants.

Ces opérations engendrent des violations de dominance stricte. Pour y remédier, un algorithme final réalise des réaffectations minimales entre districts adjacents. Ce dispositif itératif permet d’obtenir une sectorisation territoriale contigue, compacte et équilibrée.

### 3 Résultats Expérimentaux

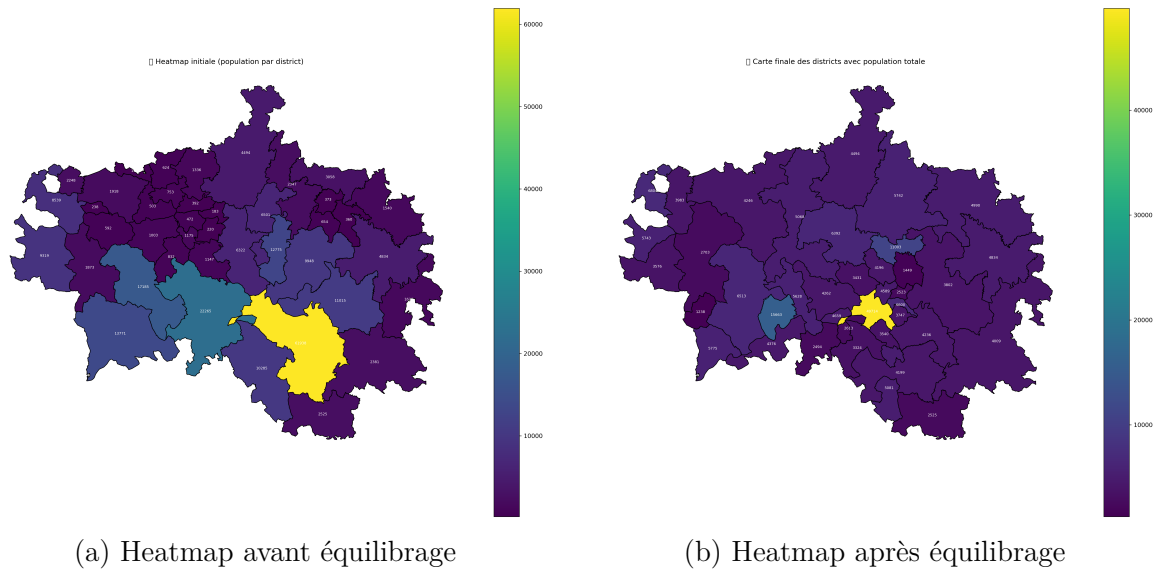


FIG. 1: Comparaison avant/après équilibrage

Afin d’évaluer la performance de l’approche proposée, nous avons mené une étude expérimentale sur les données de la région du Tarn, France. Les résultats reportés dans la figure 1 illustrent la capacité de notre méthode à réaliser un zonage territorial qui satisfait simultanément les exigences de contiguïté, de compacité et d’équilibre. Toutefois, trois districts mono-unitaires demeurent surchargés (teintes claires, Figure 1b). Le principe d’intégrité communale interdit leur fractionnement, rendant impossible tout rééquilibrage par transfert ou division pour ces communes.

### References

- [1] Roger Z. Ríos-Mercado. *Optimal Districting and Territory Design*. International Series in Operations Research & Management Science, volume 284, 2020. Springer.
- [2] Jack Zhang, Hamidreza Validi, Austin Buchanan, and Illya V. Hicks. *Linear-size formulations for connected planar graph partitioning and political districting*. Optimization Letters, 18(1):19–31, 2024. Springer.
- [3] Emna Benzarti, Evren Sahin, and Yves Dallery. *Operations management applied to home care services: Analysis of the districting problem*. Decision Support Systems, 55(2):587–598, 2013. Elsevier.
- [4] Antonio Diglio, Juanjo Peiró, Carmela Piccolo, and Francisco Saldanha-da-Gama. *Solutions for districting problems with chance-constrained balancing requirements*. Omega, 103:102430, 2021. Elsevier.