ANALYSE SPATIALE ET SPATIO-TEMPORELLE DE LA DENGUE À GIRARDOT, COLOMBIE (2013-2015)

Gaina Mihai & Guilherme Nogueira | Master 1 G2M, Université Paris 8 — Analyse Spatiale | 02.03.2026

SOMMAIRE

1. Introduction 2

1.1. Pourquoi étudier la dengue depuis une approche spatiale ? 2

1.2. Zone d'étude et information spatiale disponible 2

1.3. Approche méthodologique 2

2. Résultats 3

2.1. Paramètres retenus 3

2.2. Lieux plus touchés : structure spatiale à deux échelles 3

2.3. Répartition selon l'année : vulnérabilité structurelle persistante 4

2.4. Où et quand se déclenchent les épidémies 5

3. Recommandations 6

3.1. Évaluation critique 6

3.2. Priorisation spatiale 6

3.3. Surveillance spatio-temporelle 6

3.4. Optimisation des ressources 6

3.5. Perspectives 6

Bibliographie 8

1. INTRODUCTION

1.1. Pourquoi étudier la dengue depuis une approche spatiale ?

La dengue, arbovirose transmise par *Aedes aegypti*, constitue un enjeu majeur en Colombie. La transmission dépend de facteurs spatialement structurés : densité de population, infrastructure urbaine (accès à l'eau), conditions socio-économiques, et mobilité humaine. [1]

L'analyse spatiale identifie **où** les cas se concentrent (zones vulnérables), l'analyse spatio-temporelle révèle **où et quand** la transmission s'intensifie (foyers épidémiques). Cette double approche distingue :

- Les **inégalités structurelles** (vulnérabilité permanente)
- La **dynamique de transmission** (foyers actifs)

Questions de la Mairie de Girardot :

- Existe-t-il des zones plus touchées par la dengue que d'autres ?
- Est-ce que la répartition de cas change selon l'année (épidémiques ou non) ?
- Où et quand se déclenchent les foyers épidémiques ?

1.2. Zone d'étude et information spatiale disponible

Girardot (Cundinamarca) : Ville moyenne (130 km sud-ouest Bogotá), climat tropical (27-30°C), urbanisation hétérogène [3]. **Population** : 95 496 hab. (2005), ~103 000 (2013), ~107 000 (2015).

Unité spatiale : manzanas (îlots urbains). **Données SIVIGILA 2010-2016** : 3 486 cas totaux, 2 730 géocodés (78,3%). **Années** : 2013 (695 cas, 675/100k hab.) vs 2015 (349 cas, 326/100k hab.).

Limites : Sous-déclaration 20-40%, population 2005, perte 21,7% cas non géocodés.

1.3. Approche méthodologique

Autocorrélation spatiale :

- Moran's I global + Getis-Ord Gi* (hotspots/coldspots)
- Distances : 100 m (moustique), 150 m (pâtés de maisons)
- ArcGIS Pro, Monte Carlo (999 permutations [4], α=0,05)

Analyse spatio-temporelle :

- SaTScan : fenêtre cylindrique mobile, 100/150 m × 30/45 jours
- Contraintes : Max 15% population, 40% période

2. RÉSULTATS

2.1. Paramètres retenus

Autocorrélation : **150 m**. Spatio-temporel : **250 m + 45 jours**.

2.2. Lieux plus touchés : structure spatiale à deux échelles

Autocorrélation globale (Moran's I, 150 m) :

Année	Distance	Moran's I	z-score	p-value
2013	150 m	0,645	594,40	0,001
2015	150 m	0,740	682,31	0,001

★ Interprétation approfondie des indices

La significativité ($p < 0,001$) confirme une distribution non aléatoire, mais c'est la **valeur de l'indice** qui renseigne sur l'intensité. Le Moran's I passe de **0,645 (2013) à 0,740 (2015)** (+14,7%) : l'autocorrélation est **plus forte en année non épidémique**.

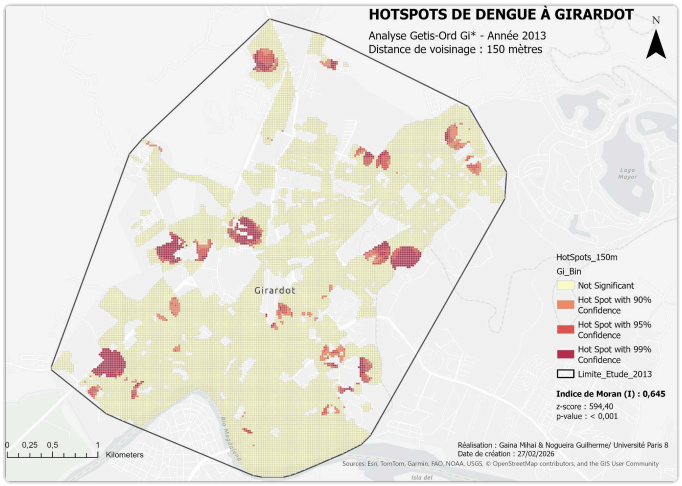
- **2013** (695 cas) : transmission *diffuse*, nombreuses manzanas touchées → concentration « diluée »
- **2015** (349 cas) : cas *hyper-concentrés* dans les foyers vulnérables (La Esperanza, Portachuello, Vivisol)

Implication : un Moran's I élevé en année non épidémique signale des foyers *prévisibles et ciblables*. Les manzanas avec z-score Gi* > 3,0 (99,7% de confiance) constituent les **noyaux durs** de la transmission.

Hotspots (Getis-Ord Gi*, 150 m) :

Absence de coldspots à 100-150 m. Coldspots à 175 m (épidémique) et 250 m (non épidémique).

- **100-150 m** : Foyers de transmission directe (rayon de vol *Aedes aegypti*)
- **175-300 m** : Ségrégation socio-spatiale

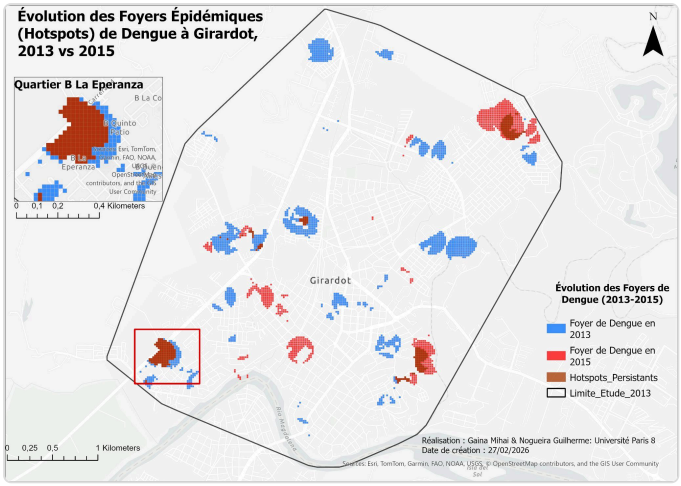


Carte 1 : Hotspots de dengue à Girardot — Getis-Ord Gi à 150 m, année 2013*

2.3. Répartition selon l'année : vulnérabilité structurelle persistante

Sur **1 788 hotspots (2013)** et **1 174 (2015)**, **369 hotspots persistants** identifiés, concentrés dans :

- **La Esperanza • Las Acacias • Portachuello • Vivisol**



Carte 2 : Évolution des foyers épidémiques de dengue à Girardot, 2013 vs 2015

★ Analyse de persistance spatio-temporelle

En croisant Getis-Ord et SaTScan, **trois niveaux de persistance** :

Niveau	Définition	Manzanas	Implication
Structurelle	Hotspot Gi* 2013 ET 2015	369 (20,6%)	Vulnérabilité permanente
Active	Persistant + cluster SaTScan	Sous-ensemble	Priorité maximale
Latente	Hotspot 2013 seul, rayon 250 m d'un cluster 2015	À quantifier	Risque de réactivation

La Esperanza et **Portachuello** cumulent les trois niveaux = **zones critiques absolues**.

★ Facteurs environnementaux de la persistance

Hotspots persistants caractérisés par : (1) **végétation abondante** favorisant les gîtes larvaires, (2) **proximité du Río Bogotá** (eau stagnante saisonnière), (3) **habitat auto-construit** avec stockage d'eau (*albercas*) lié aux coupures en saison sèche.

Le centre-ville (minéral, mieux desservi) montre une incidence réduite malgré une densité supérieure — la **densité de gîtes larvaires**, et non la densité humaine, est le facteur déterminant [2].

2.4. Où et quand se déclenchent les épidémies

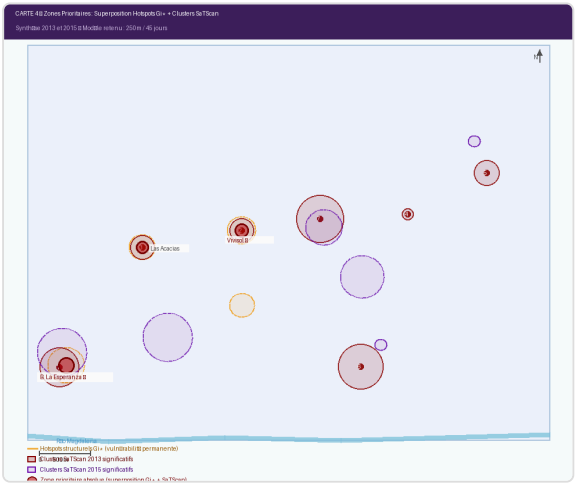
SaTScan 2013 — Modèle retenu (250 m, 45 jours) :

Cluster primaire (01/01–05/04, 95 j) : La Esperanza/Vivisol, **RR = 9,3** (p<0,001). Secondaires : Centre-Nord (RR=14,8), Centre (RR=32,1).

2015 : 6 clusters significatifs, tous démarrant le 1er janvier — saison sèche. Explication : (1) afflux touristique post-Noël, (2) coupures d'eau → stockage domestique = gîtes larvaires.

Année	Clusters	RR max	Durée médiane
2013 (épidémique)	7	32,1	95 j
2015 (non épidémique)	6	68,6	50 j

Carte 3 : Clusters spatio-temporels 2013 (250 m / 45 jours) — 7 clusters significatifs



Carte 4 : Zones prioritaires — Superposition Hotspots Gi + Clusters SaTScan (2013-2015)*

3. RECOMMANDATIONS

3.1. Évaluation critique

Points forts :

- Multi-échelle (Getis-Ord 150 m + SaTScan 250 m)
- Distinction vulnérabilité structurelle vs foyers actifs
- Géocodage 96,3%, tests de sensibilité
- Comparaison inter-annuelle (épidémique vs non épidémique)

Limitations :

- Population 2005, sous-déclaration 20-40%, MAUP
- Pas de données infrastructure eau, mobilité, interventions

3.2. Priorisation spatiale

Priorité absolue : La Esperanza, Las Acacias, Portachuello, Vivisol (369 manzanas). Actions : surveillance renforcée, élimination gîtes larvaires, éducation sanitaire, infrastructure eau.

Zones secondaires (hotspots 2013 seuls) : surveillance pré-épidémique.

3.3. Surveillance spatio-temporelle

SaTScan temps réel (hebdomadaire), 175 m + 30 j, seuil RR>2. Réponse rapide rayon 400 m. Calendrier : Jan-Mars (prévention), Avr-Juin (pic), Juil-Déc (routine).

3.4. Optimisation des ressources

1. **Hotspots persistants** (impact maximal)
2. **Clusters SaTScan actifs** (réponse 48h)
3. **Périphérie** (400-800 m, prévention diffusion)
4. **Reste ville** (interventions générales)

3.5. Perspectives

Données recommandées :

- Cartographie infrastructure eau (coupures par quartier)
- Données socio-économiques par manzana
- Indices entomologiques (Breteau, Stegomyia)
- Historique interventions contrôle vectoriel
- Extension temporelle 2010–2016

★ Perspective méthodologique : vers un modèle explicatif

L'analyse est **diagnostique** (clusters), non **explicative** (facteurs). Pour passer du « où » au « pourquoi là » :

1. **NDVI** (Landsat 8, gratuit) : NDVI moyen par manzana → test du lien végétation → gîtes larvaires → incidence
2. **GWR** (Régression Géographiquement Pondérée) : modéliser l'incidence avec hétérogénéité spatiale. R (`spgwr`) ou ArcGIS Pro.

Extension naturelle vers un **modèle décisionnel spatialisé** pour la Mairie de Girardot.

Synthèse opérationnelle — Les hotspots persistants (Getis-Ord Gi*) recoupant les clusters SaTScan constituent les cibles prioritaires. La combinaison multi-échelle (150 m + 250 m) fournit un cadre décisionnel robuste, directement exploitable par la Mairie de Girardot.

BIBLIOGRAPHIE

[1] PAHO (Pan American Health Organization), *Epidemiological Update Dengue*, février 2026.

[2] Fuentes Vallejo, M. (2016). Territorialidad de la transmisión del dengue en ciudades intermedias: el caso de Girardot (Colombia). *Revista de Salud Pública*, 18(5), 803-815.

[3] Fuentes Vallejo, M., Higuera-Mendieta, D.R., García-Betancourt, T. et al. (2017). Space and space-time distributions of dengue in a hyper-endemic urban space: the case of Girardot, Colombia. *BMC Infectious Diseases*, 17, 512.

[4] Cabrera-Barona, P., Ghorbanzadeh, O. & Blaschke, T. (2023). Spatial Analysis of Dengue Clusters at Department, Municipality and Local Scales in the Southwest of Colombia, 2014-2019. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 8(5), 262.