

# MODELISATION DU TAUX DE CONSULTATIONS EN MEDECINE DE VILLE : APPROCHE PAR MODELES D'ECONOMETRIE SPATIALE

## Réalisé par :

Ali Nour Guedemi ABDELWAHID  
Toussaint BOCO  
Komi Amégbor Richard GOZAN  
Komla Alex LABOU

## Tutrice :

Audrey LAVENU

22 avril 2025

# Introduction

# Introduction

## Contexte

**Disparités territoriales d'accès aux soins en France** (3,9 consultations/an en moyenne, mais **déserts médicaux en zones rurales**) (INSEE, 2021).

## Problématique

Identifier les facteurs socio-économiques, démographiques et spatiaux influençant le taux de consultations

## Objectifs

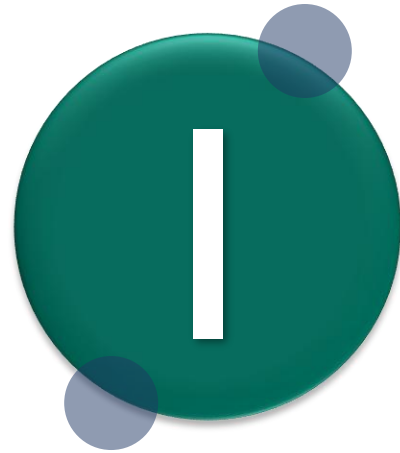
Modéliser le taux de consultations avec une approche spatiale.

1. Visualiser la répartition spatiale de ces taux en vue d'identifier les zones à fort et faible taux
2. Identifier les facteurs socio-économiques et démographiques qui influencent le taux de consultations
3. Proposer des recommandations pour réduire les inégalités.

# PLAN

---

- ① Présentation du contexte
- ② Méthodologie
- ③ Analyse descriptive
- ④ Modélisation
- ⑤ Discussion



# **Présentation du contexte**

# I.I. Cadre conceptuel

- Le **taux de consultations** est le nombre moyen de consultations dans chaque commune :

$$\tau_i = \frac{n_i}{P_i}$$

Avec  $\tau_i$ ,  $n_i$  et  $P_i$ , respectivement le taux de consultations, le nombre de consultations et la population de la commune  $i$ .

- **Notion de voisinage**
  - ✓ **Basée sur la distance** : Deux localités sont voisines si la distance entre elles est inférieure à un seuil prédéfini.
  - ✓ **Basée sur la contiguïté** : On distingue par exemple la contiguïté et la contiguïté Queen.
  - ✓ **Basée sur l'optimisation d'une trajectoire**

# I.I. Cadre conceptuel de l'étude

- La **distance de Haversine** est une mesure de la distance entre deux points sur une sphère, basée sur leurs coordonnées géographiques :

$$d_{ij} = 2 \cdot r \cdot \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\varphi_j - \varphi_i}{2} \right) + \cos(\varphi_i) \cos(\varphi_j) \sin^2 \left( \frac{\lambda_j - \lambda_i}{2} \right)} \right)$$

- $r$  est le rayon de la terre (environ 6371 km).
- $\varphi_i, \varphi_j$  sont les latitudes des points  $i$  et  $j$  (en radians).
- $\lambda_i, \lambda_j$  : les longitudes des points  $i$  et  $j$  (en radians).

# I.2. Revue de littérature (Alex: réorganiser si possible sur 2 diapo)

## Principaux déterminants des consultations médicales

### ■ Facteurs démographiques

- ✓ **Âge** (Ministère de la Santé et des Services sociaux Québec, 2014) :
  - ↗ Consultation fréquente chez les 65-79 ans (maladies chroniques).
  - ↘ Jeunes adultes (18-35 ans) : recours sporadique.
- ✓ **Sexe** (Office fédéral de la santé publique, 2024) :
  - ↗ Femmes consultent davantage (santé reproductive, prévention).
  - ↘ Hommes sous-utilisent les services (diagnostics tardifs).

### ■ Statut socio-économique (BVS Santé, 2023)

- ↗ Revenus élevés = meilleur accès (couverture sociale).
- ↘ Précarité = obstacles financiers/culturels.
- ↗ Niveau d'éducation élevé = recours préventif accru.



# I.2. Revue de littérature

## Principaux déterminants des consultations médicales

- **Accès géographique**
  - ✓ **Densité médicale** (Irdes, 2020) :
    - ↗ Zones urbaines = accès facilité.
    - ↘ Zones rurales = déserts médicaux (distance, délais).
  - ✓ **Renoncement aux soins** (Ministère des Solidarités et de la Santé, 2021) :  
3,1 % des Français renoncent (8× plus chez les pauvres en zones sous-dotées).
- **Perception de la santé** (Statistique Canada, 2022)
  - ↗ Auto-évaluation négative = consultations fréquentes.
  - ↘ Santé perçue comme bonne = moins de recours.

# I.2. Revue de littérature

## Facteurs influençant la prise en charge des urgences en médecine générale

(Julie Dumouchel, 2012)

### ■ Facteurs organisationnels

- ✓ Disponibilité des structures de soins et qualité des infrastructures
- ✓ Accès aux équipements médicaux et disponibilité des services d'urgence
- ✓ Horaires d'ouverture des cabinets
- ✓ Collaboration entre professionnels de santé
- ✓ Formation des médecins

### ■ Facteurs personnels

- ✓ Expérience professionnelle, formation continue et confiance en soi des médecins
- ✓ Présentation des patients, leur niveau d'urgence perçu et leurs attentes



# Méthodologie

## 2.1. Données

- Données couvrant **3273** communes françaises sur l'année **2019**, issue principalement du Système National des Données de Santé (SNDS).
- Données enrichies par des sources socio-économiques et géographiques.
- Données agrégées à l'échelle communale.
- Traitements initiaux : nettoyage, traitement des valeurs manquantes ou incorrectes, création de variables spatiales et transformation de certaines variables pour améliorer leur interprétabilité.

## 2.2. Concepts fondamentaux

### 1 Autocorrélation spatiale

Les observations proches géographiquement sont statistiquement corrélées. Trois types : endogène (valeurs voisines de la variable dépendante), exogène (valeurs voisines des covariables), et erreurs corrélées.

### 2 Matrice des poids spatiaux

Structure les relations de voisinage (distance, contiguïté). Permet de capturer l'influence spatiale dans les modèles.

### 3 Indices de corrélation spatiale

L'indice de Moran mesure la similarité spatiale globale. Interprétation :  $I > 0$  (positive),  $I < 0$  (négative),  $I \approx 0$  (aléatoire).

### 4 Diagramme de Moran

Visualise les associations locales : HH (hauts entourés de hauts), LL (bas entourés de bas), HL, LH. Met en évidence les clusters et les zones atypiques.

## 2.4. Modèles

### ■ **MCO**(Modèle classique)

$$Y = X\beta + \varepsilon$$

### ■ **SAR** (**S**patial **A**uto**R**egresif)

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$

### ■ **SEM**(**S**patial **E**rror **M**odel)

$$Y = X\beta + \lambda W\mu + \varepsilon$$

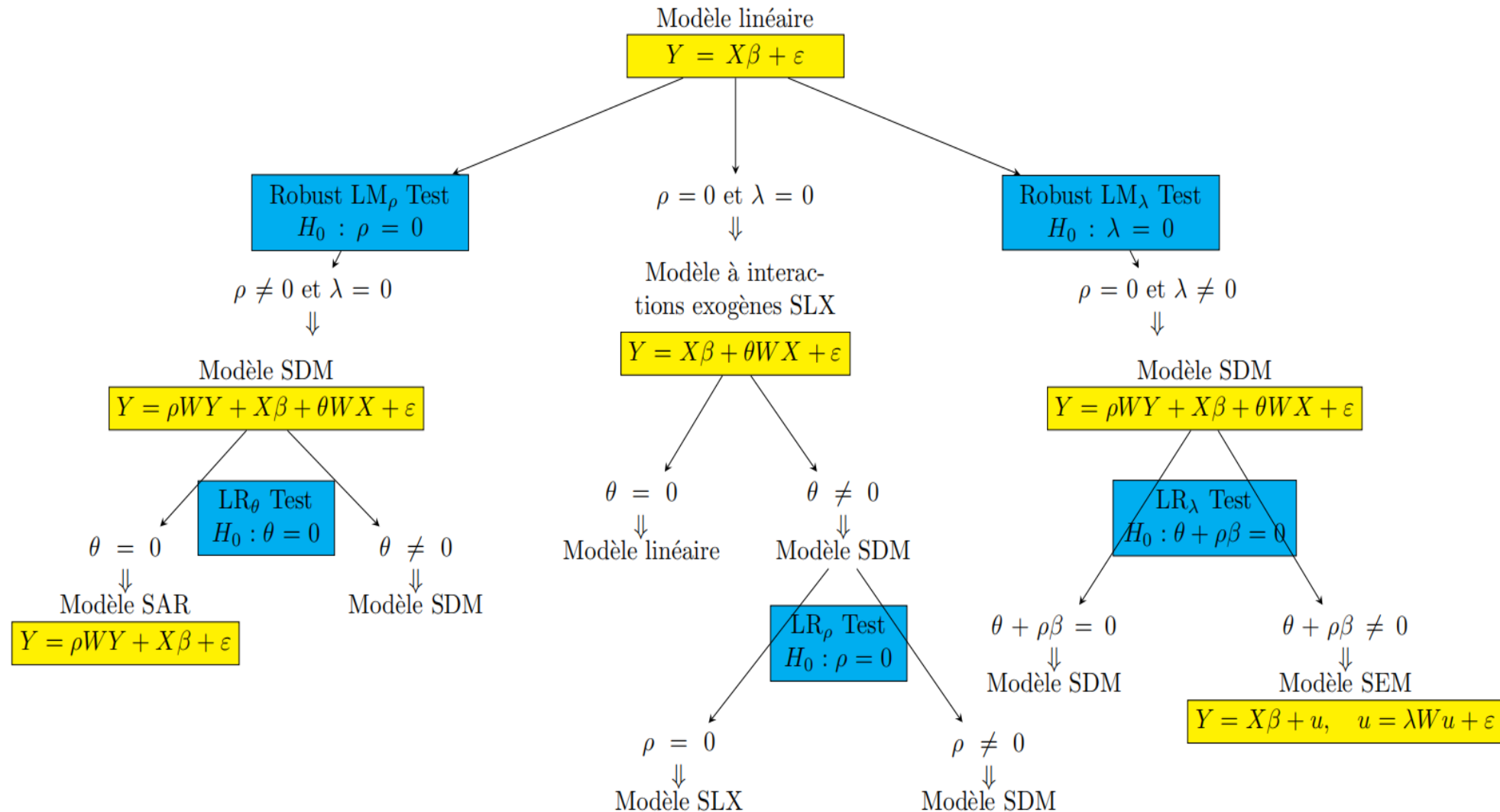
### ■ **SLX**(**S**patial **L**ag of **X** model)

$$Y = X\beta + \theta WX + \varepsilon$$

### ■ **SDM**(**S**patial **D**urbin **M**odel)

$$Y = \rho WY + X\beta + \theta WX + \varepsilon$$

## 2.4. Modèles



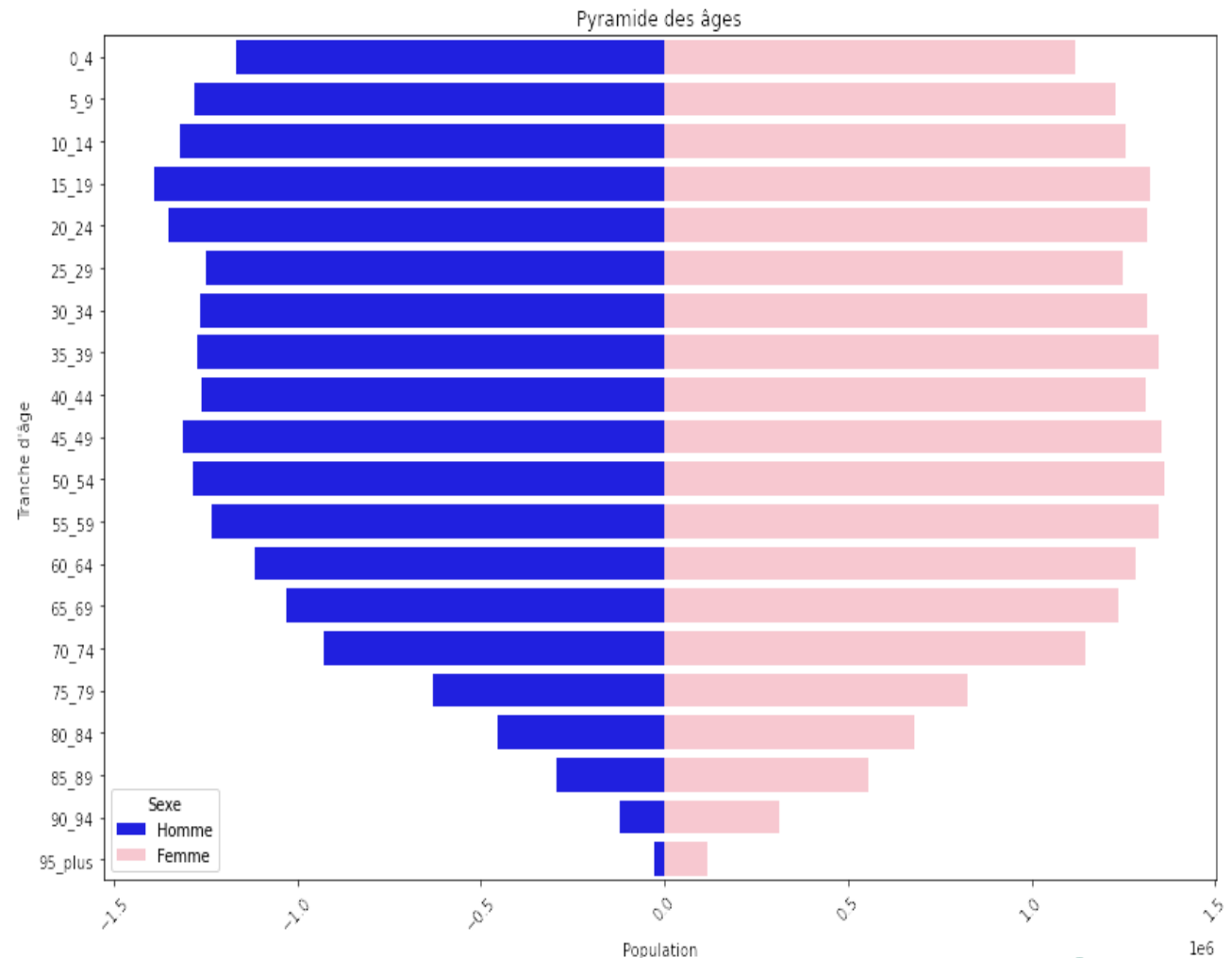


# Analyse descriptive



# 3.1. Description de la population

- ✓ Population assez homogène en matière d'âge.
- ✓ Beaucoup de jeunes ( $\leq$  forte natalité)
- ✓ Population active plus grande, mais elle diminue progressivement avec l'âge à cause de la mortalité naturelle.
- ✓ Les femmes vivent plus longtemps que les hommes



## 3.2. Taux et nombre de consultations

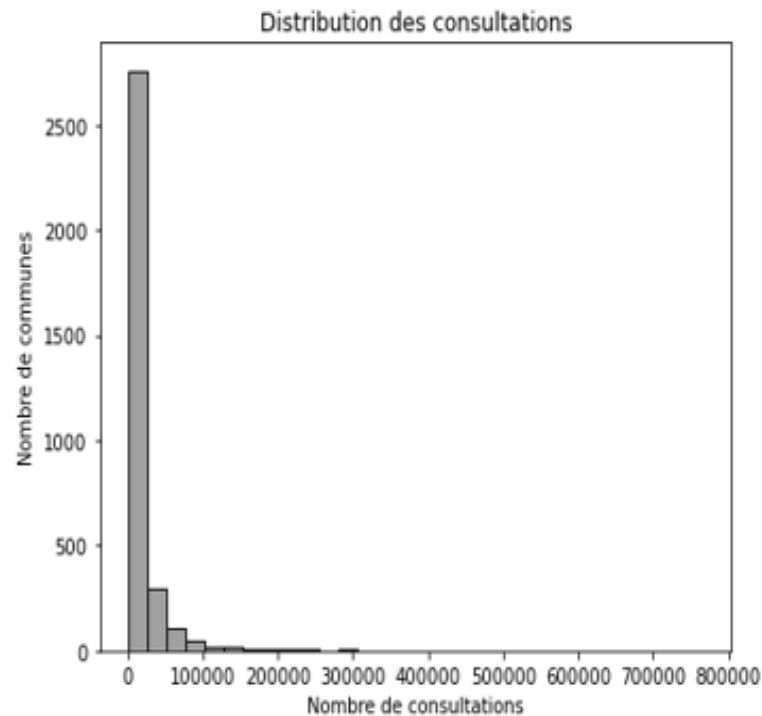
Valeurs extrêmes tirant la distribution vers le haut



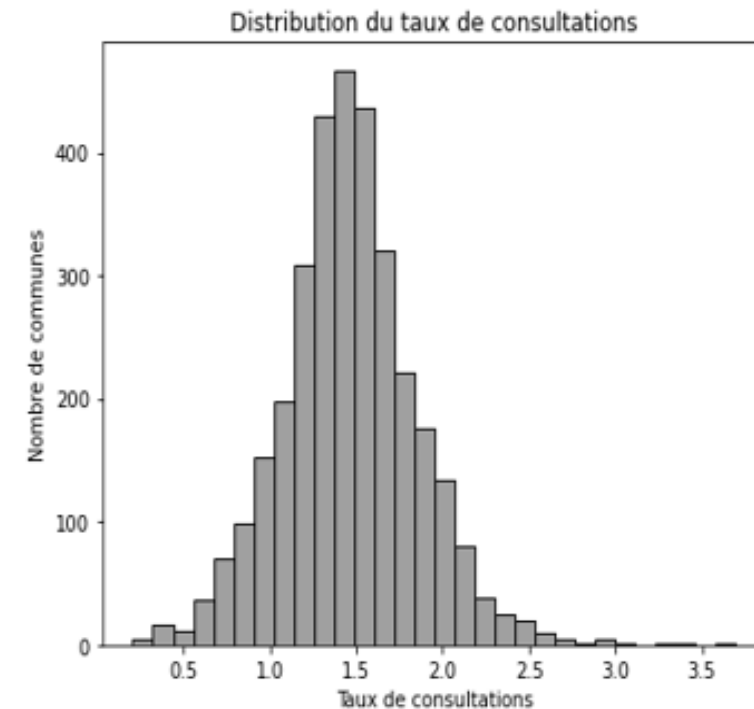
Forte asymétrie à droite (moyenne = 19 130 vs médiane = 9 127)



Ecart considérable entre les consultations par an (min = 1 037 et max = 76 5833)



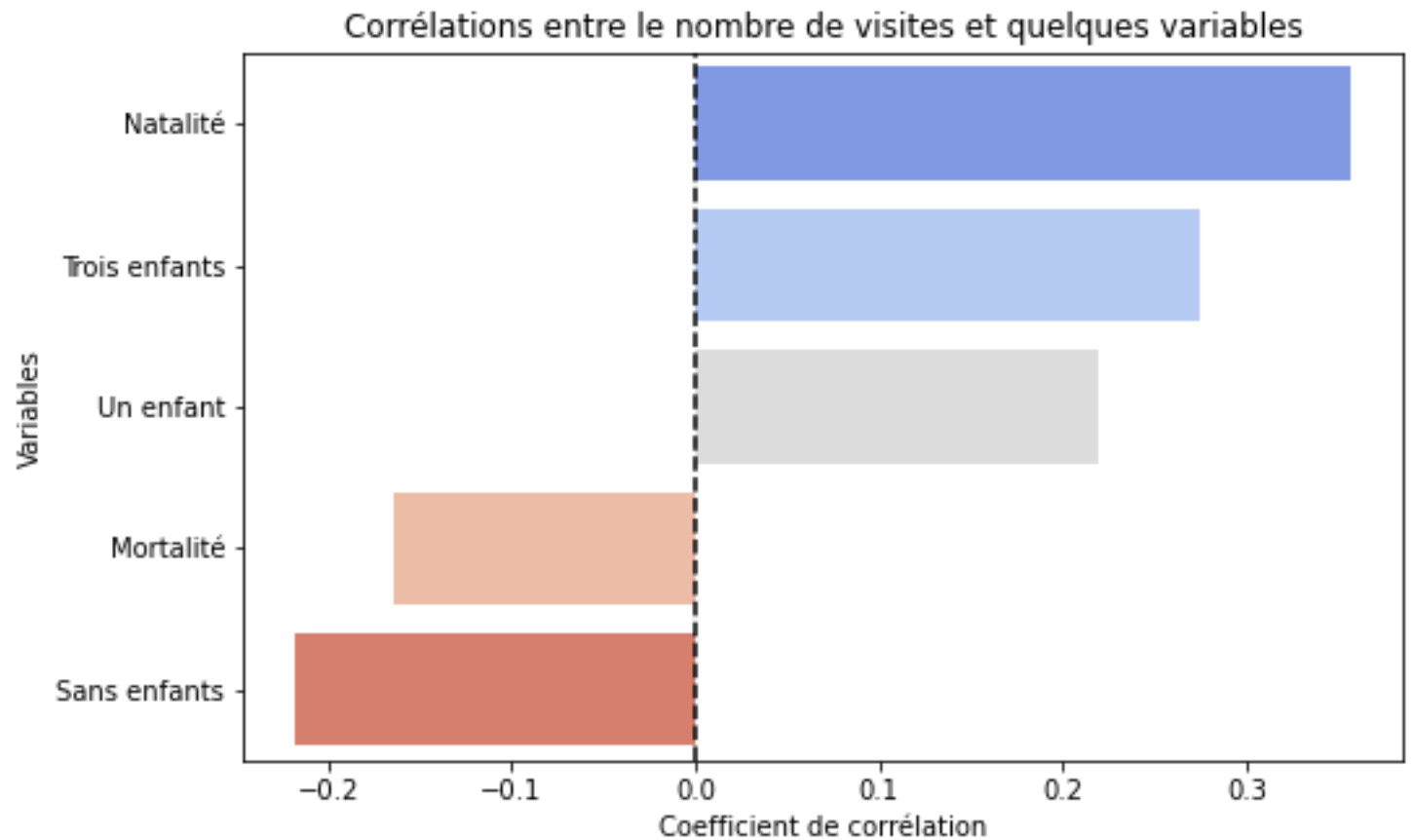
Effet taille



Distribution, centrée autour de la moyenne, légèrement asymétrique à droite (quelques zones à taux de consultation très élevé).

## 3.3. Taux de consultations et autres variables

Les consultations augmentent avec le taux de natalité et la part des familles avec des enfants jeunes, mais évolue en sens inverse de la part des familles sans enfants et du taux de mortalité.



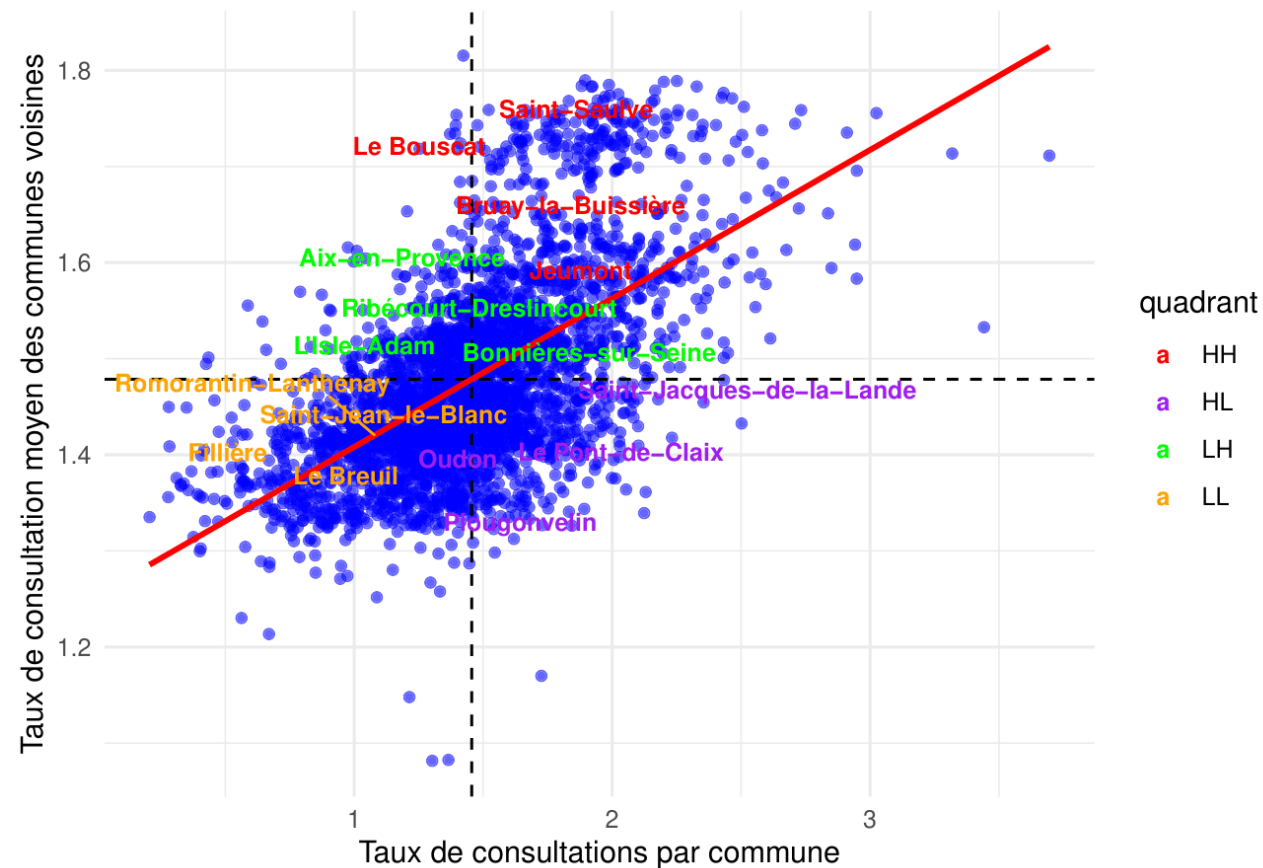
## 3.4. Analyse spatiale

### Diagramme de Moran

Autocorrélation spatiale positive  
des taux de consultations



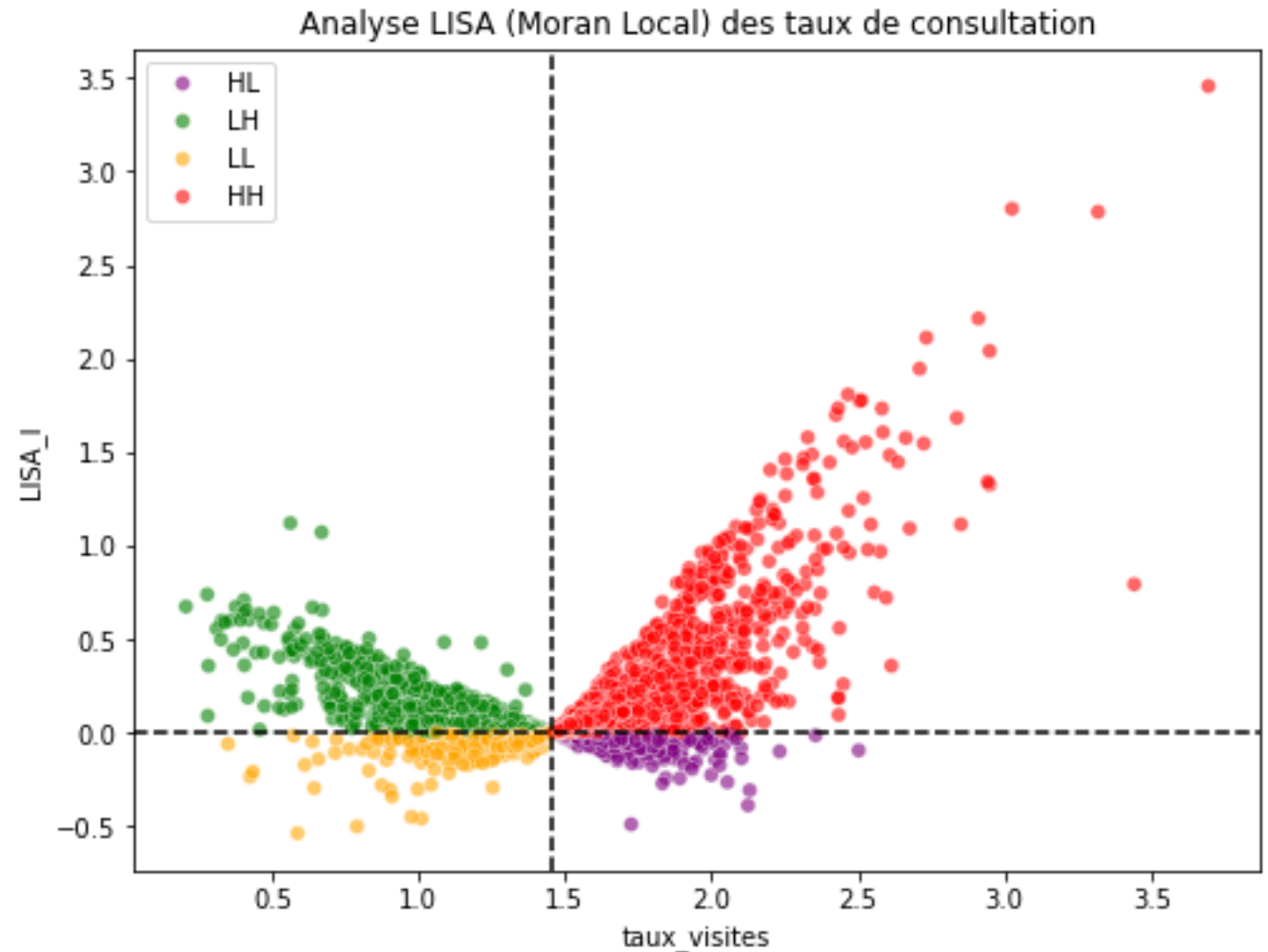
Regroupements de communes à  
taux élevés (High-High) ou  
faibles (Low-Low).



## 3.4. Analyse spatiale

### Analyse LISA

La majorité des communes appartiennent au cluster HH, suivi du cluster LH, indiquant des zones à taux élevés entourées de communes également à taux élevés, ou à taux bas proches de zones à taux élevés.





# Modélisation

## 4.1. Choix des variables

### ■ Méthodologie adoptée :

- Utilisation d'une **Analyse en Composantes Principales (ACP)** pour identifier les associations entre variables.
- Sélection guidée par la **littérature scientifique** et la **pertinence explicative** des variables.

### ■ Variables retenues (en taux ou proportion) :

- Démographiques : % 25-64 ans, % 65+ ans, taux de natalité.
- Socio-économiques : % en union libre, % ouvriers, % sans emploi.
- Famille : % foyers avec  $\geq 3$  enfants  $< 25$  ans.

## 4.2. Résultats des tests

### ■ Test de Moran

Observed Moran I	Expectation	Variance	statistic standard deviate	p-value
0.1597993	-0.0005762	3.5e-06	85.43473	< 2.2e-16

### ■ Tests de Rao's score

	Valeur	p-value	df
RSerr	6643.03037	< 2.2e-16	1
RSlag	1356.47586	< 2.2e-16	1
adjRSerr	5309.52308	< 2.2e-16	1
adjRSlag	22.96857	1.647e-06	1
SARMA	6665.99894	< 2.2e-16	2



## 4.3. Comparaison des modèles

Model	AIC	LogLik
MCO	1429.8742	-704.93708
SEM	422.1136	-200.05679
SAR	729.5523	-353.77613
SLX	749.5969	-356.79846
SDM	205.1882	-83.59411

Avec un AIC plus faible, le modèle **SDM** ressort comme étant le meilleur modèle

## 4.4. Résultats du modèle final

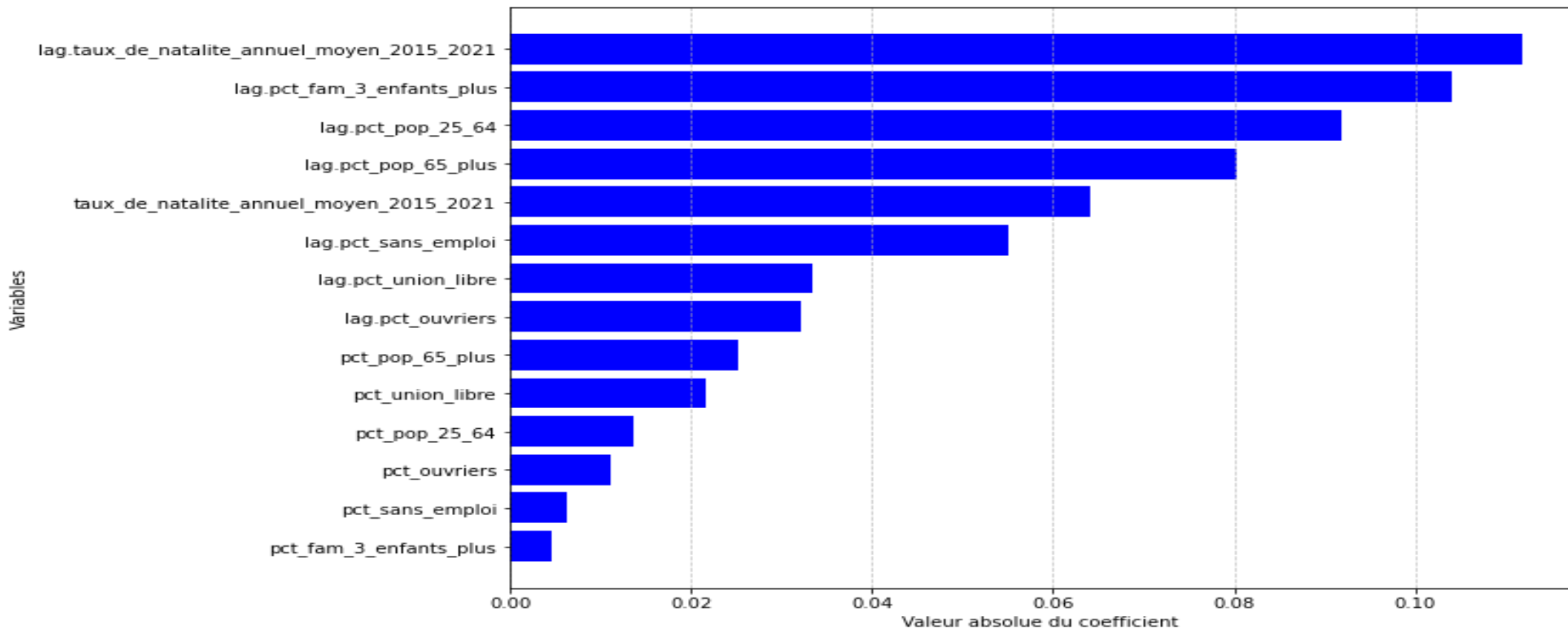
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.9121986	1.4026624	5.640843	1.692e-08
pct_pop_25_64	-0.0136882	0.0021707	-6.305993	2.864e-10
pct_pop_65_plus	-0.0251166	0.0015417	-16.291218	< 2.2e-16
pct_union_libre	-0.0216354	0.0033380	-6.481541	9.079e-11
pct_ouvriers	-0.0110614	0.0019103	-5.790438	7.020e-09
pct_sans_emploi	-0.0063356	0.0013535	-4.680834	2.857e-06
pct_fam_3_enfants_plus	-0.0046316	0.0027472	-1.685924	0.0918104
taux_de_natalite_annuel_moyen_2015_2021	0.0641966	0.0030226	21.238680	< 2.2e-16
lag.pct_pop_25_64	-0.0919607	0.0200256	-4.592151	4.387e-06
lag.pct_pop_65_plus	-0.0802855	0.0145221	-5.528498	3.230e-08
lag.pct_union_libre	0.0334492	0.0181204	1.845939	0.0649011
lag.pct_ouvriers	0.0320869	0.0089915	3.568581	0.0003589
lag.pct_sans_emploi	0.0551488	0.0051154	10.780920	< 2.2e-16
lag.pct_fam_3_enfants_plus	-0.1039860	0.0184588	-5.633394	1.767e-08
lag.taux_de_natalite_annuel_moyen_2015_2021	-0.1117246	0.0295648	-3.778980	0.0001575

## 4.4. Résultats du modèle final

Rho	LR test value	p-value	Asymptotic standard error
0.9947686	555.0326	< 2.22e-16	0.003269

Le coefficient  $\rho$  du modèle SDM confirme l'existence d'un effet spatial significatif, indiquant une interdépendance dans le taux de consultations entre communes voisines

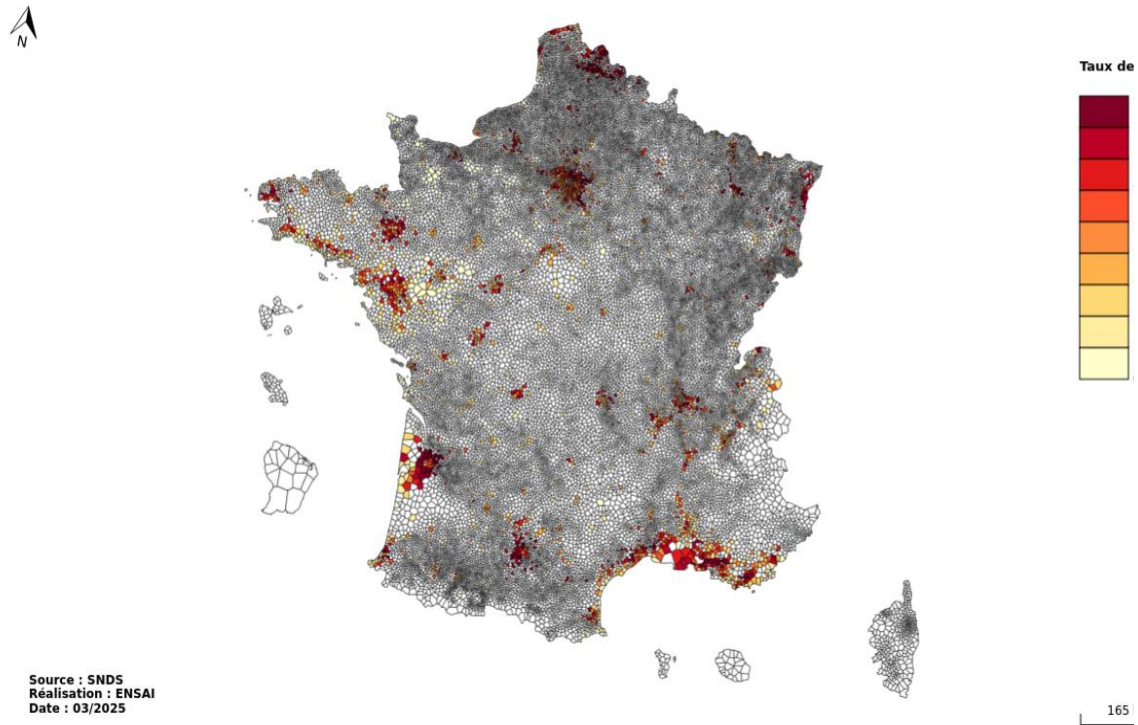
## 4.5. Importance des variables



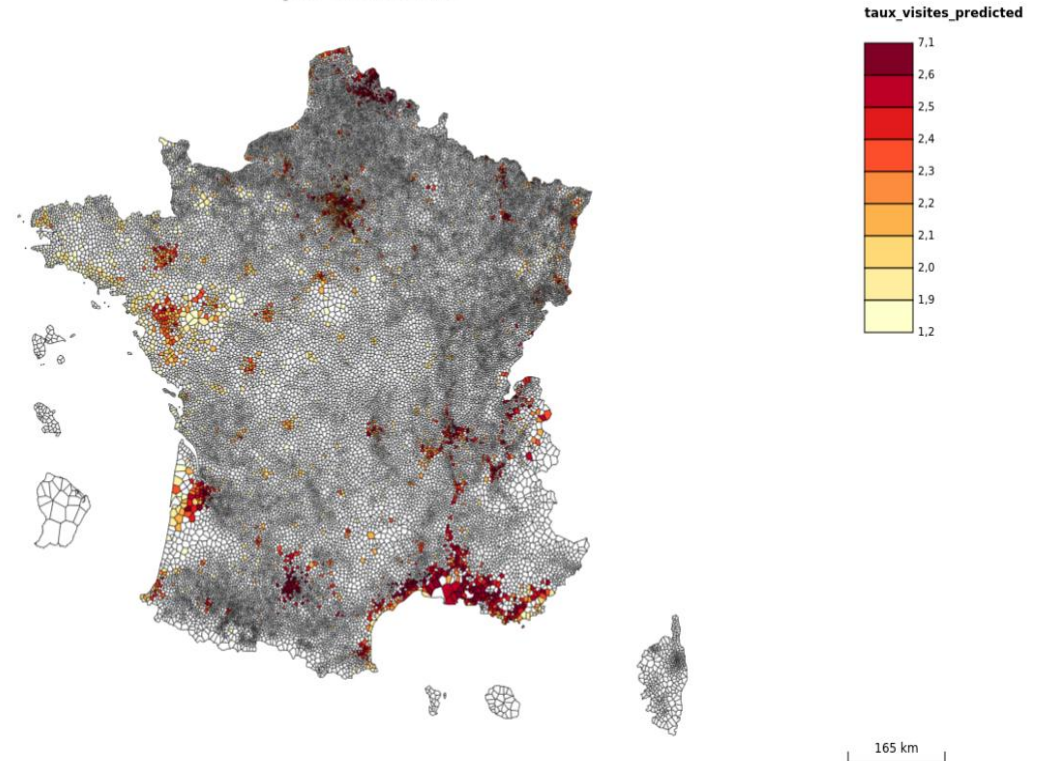
Le graphique montre l'influence marquée des caractéristiques des communes voisines sur le taux de consultations

## 4.6. Observations VS prédictions

Répartition du taux de visites par commune



Répartition du taux de visites prédit par commune





# Discussion

## 5.1. Inégalités territoriales d'accès aux soins

### Effets de débordement spatial

- Forte **autocorrélation spatiale** : des clusters de forte ou faible fréquentation médicale.
- Effet contre-intuitif : **moins de consultations** dans les communes à forte population âgée.
- **Variables socio-économiques** importantes :
  - Une augmentation du Taux de natalité contribue à l'augmentation du Taux de consultations (suivi périnatal).
  - Une Part élevée d'ouvriers / chômeurs entraîne une baisse du Taux de consultations (freins financiers, prévention négligée).

## 5.2. Effets spatiaux et implications politiques

### Effets de débordement spatial

- Les communes voisines influencent le taux de consultation d'une commune.
- Exode sanitaire : déplacements vers zones mieux équipées.

### Implications politiques

- Besoin d'une politique de santé territorialisée.
- Prioriser les zones sous-dotées.
- Tenir compte des dynamiques locales pour une planification équitable.



# Conclusion

# Conclusion

## 1 Points essentiels

- L'accès aux soins n'est **ni homogène**, ni purement médical : il est **territorial, social et humain**.
- Les **modèles spatiaux** révèlent des **effets de voisinage significatifs** : une commune est influencée par ses voisines.
- Certaines relations contre-intuitives (ex. : population âgée vs. consultations) montrent la **complexité des comportements de recours aux soins**.
- Les résultats appellent à une **planification territorialisée des politiques de santé**.

## 2 Message final

Derrière chaque donnée de consultation, il y a une **réalité sociale**, un **contexte territorial** et des **besoins humains à entendre**.



Merci de votre attention

