

UNIVERSITE DE PAU ET DES PAYS DE L'ADOUR



UFR : Droit et Sciences Economiques

Master Economie Appliquée

Parcours : Economie Appliquée

Projet d'économétrie spatiale

**Analyse de la relation entre Mortalité maternelle
et le PIB par habitant : une approche spatiale sur
les pays Africains**

Présenté par :

Boubacar KANDE

Année Universitaire : 2023/2024

Table des matières

1	Introduction	2
2	Présentation des données	3
3	Analyse des résultats	3
3.1	Présentation des cartes	3
3.2	Test de Moran's I	7
3.3	Régression SAR	9
3.4	Effets directs et indirects	10
4	Conclusion	11
5	Bibliographie	12
6	Annexes	13

1 Introduction

La mortalité maternelle reste un défi majeur pour la santé maternelle et reproductive, particulièrement en Afrique, où les systèmes de santé font face à des contraintes structurelles et économiques. Cette réalité soulève une interrogation fondamentale : quelle est la relation entre le produit intérieur brut (PIB) par habitant et la mortalité maternelle en Afrique ? Cette question revêt une importance cruciale pour orienter les politiques de santé et de développement économique dans la région. Cette étude examine cette relation en adoptant une approche spatiale qui tient compte des interactions géographiques et économiques entre les pays africains.

Dans quelle mesure le niveau de richesse mesuré par le PIB par habitant influence-t-il la mortalité maternelle en Afrique ? Cette question constitue le cœur de notre investigation. Nous cherchons à comprendre si une relation linéaire existe entre le PIB par habitant et la mortalité maternelle, ou si d'autres facteurs socio-économiques ou contextuels interviennent dans cette dynamique.

Des recherches antérieures ont abordé cette question sous divers angles, mettant en évidence des liens complexes entre le PIB par habitant et la mortalité maternelle.

La corrélation entre les taux de mortalité maternelle et le PIB par habitant varie d'un pays à l'autre. Des études montrent que dans les zones rurales du Ghana, il existe une relation inverse entre le taux de mortalité maternelle et le PIB, ce qui indique que l'amélioration des conditions socio-économiques peut entraîner une réduction de la mortalité maternelle (Gabriel, Asare, Okyere., all. (2019)). En outre, des recherches menées dans 111 et 128 pays ont révélé que le revenu par habitant était un indicateur fiable du taux de mortalité maternelle, mettant en évidence l'importance des facteurs économiques dans les résultats en matière de santé maternelle (Ken, Imanak, Sagynbekov. (2013)). En outre, dans les pays à faible développement humain, le PIB par habitant a été identifié comme un déterminant important du taux de mortalité maternelle, soulignant le rôle des niveaux de revenus dans la lutte contre les taux élevés de mortalité maternelle (Christopher, all. (2022)). Ces résultats soulignent le lien essentiel entre le développement économique, en particulier le PIB par habitant, et les taux de mortalité maternelle à l'échelle mondiale. L'objectif de notre travail est faire une analyse multivariée sur la base de données provenant du Groupe d'Etude et de Réflexion Inter-Regional en 1990 pour caractériser les départements et régions Françaises.

Pour atteindre cet objectif, notre travail sera articulé autour de deux grandes sections : (1) présentation des données et (2) Analyse des résultats (cartes et le modèle SAR).

2 Présentation des données

Les données utilisées dans cette étude proviennent de deux sources principales. Tout d'abord, les variables d'intérêt, à savoir le taux de mortalité maternelle et le produit intérieur brut (PIB) par habitant, sont extraites du site <https://www.sdg6data.org/fr/tables>. Ce jeu de données comprend quatre rubriques de variables (Eau, Économie, Société et Environnement) et couvre la période de 2000 à 2018 pour l'ensemble des pays du monde. Il comprend 3676 observations et 79 variables au total. Dans le contexte de notre étude, seuls les pays africains où le phénomène de mortalité maternelle est persistant ont été sélectionnés pour l'analyse.

Ensuite, pour la cartographie et la visualisation spatiale des résultats, les données du monde ont été obtenues à partir du site <https://www.naturalearthdata.com>, ainsi que du package R 'tmap'. Ces données cartographiques sont utilisées pour représenter géographiquement la répartition des taux de mortalité maternelle et du PIB par habitant à travers les pays africains, permettant ainsi une analyse spatiale approfondie des tendances et des variations régionales.

3 Analyse des résultats

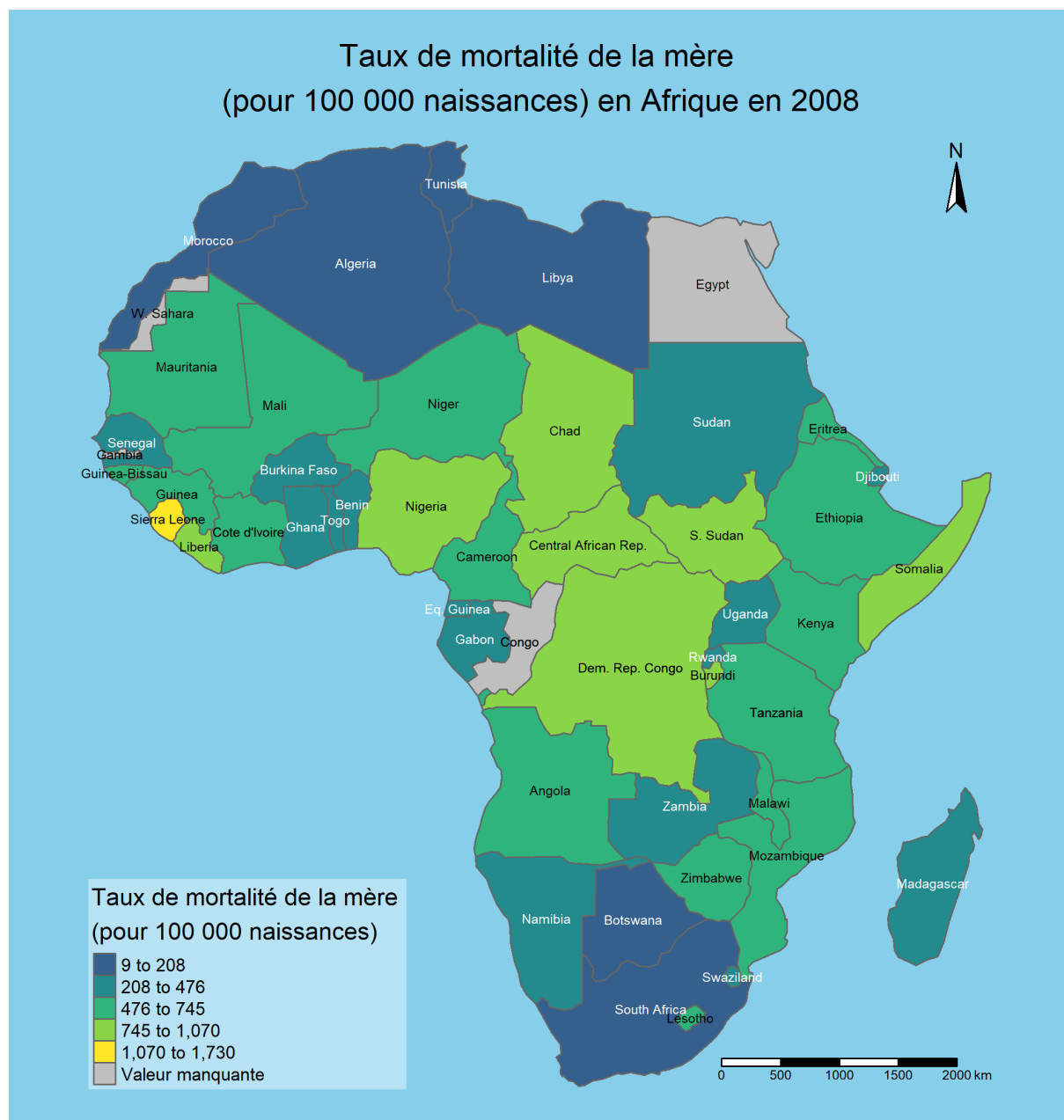
3.1 Présentation des cartes

La carte ci-dessous illustre la répartition géographique du taux de mortalité maternelle pour 100 000 naissances en Afrique en 2008. Les données manquantes pour certains pays, tels que l'Égypte et le Congo, sont indiquées par des zones grises sur la carte. Les valeurs les plus élevées de taux de mortalité maternelle, allant de 1070 à 1730 décès pour 100 000 naissances, ont été observées en Sierra Leone, tandis que les taux les plus faibles, allant de 9 à 208 décès pour 100 000 naissances, ont été observés dans les pays d'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie et Libye) ainsi qu'en Afrique du Sud et au Botswana.

La carte met en évidence les écarts significatifs dans le taux de mortalité maternelle à travers l'Afrique en 2008. Les pays d'Afrique de l'Ouest, en particulier la Sierra Leone, présentent les taux les plus élevés, reflétant les défis persistants en matière de santé maternelle et reproductive dans la région. En revanche, les pays d'Afrique du Nord et du Sud, ainsi que le Botswana, affichent des taux nettement plus bas, suggérant des progrès dans la réduction de la mortalité maternelle et des disparités régionales en matière de santé maternelle.

Cette carte permet d'identifier visuellement les zones où les interventions en santé

maternelle sont les plus nécessaires et de mettre en évidence les succès et les défis dans la réduction de la mortalité maternelle en Afrique.



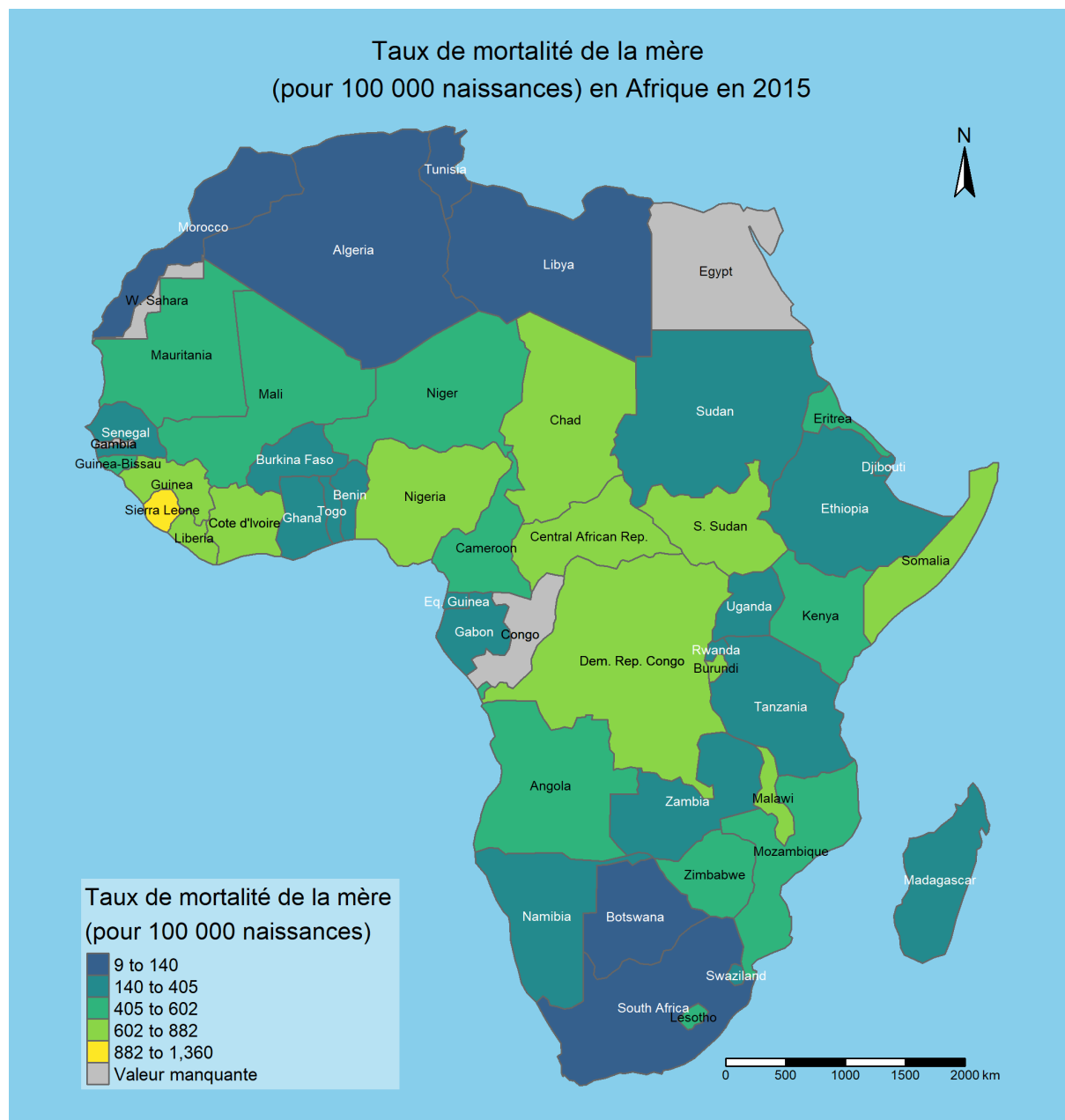
Source : Auteurs avec Rstudio

La carte ci-dessous nous permet de faire une comparaison du taux de mortalité maternelle pour 100 000 naissances en Afrique en 2008 et en 2015.

La comparaison entre les deux cartes met en évidence les changements dans le taux de mortalité maternelle en Afrique entre 2008 et 2015. Globalement, on observe une tendance à la baisse du taux de mortalité maternelle dans la plupart des pays, comme en témoigne la diminution des taux les plus élevés en Sierra Leone. Cependant, des défis persistent encore dans certains pays où les taux restent élevés. Les pays d'Afrique du Nord et du

Sud, ainsi que le Botswana, continuent de présenter des taux relativement bas, ce qui souligne l'importance des interventions en santé maternelle dans la région.

Cette comparaison permet d'identifier les progrès réalisés dans la réduction de la mortalité maternelle au fil du temps, ainsi que les zones où des efforts supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la santé maternelle et reproductive en Afrique.



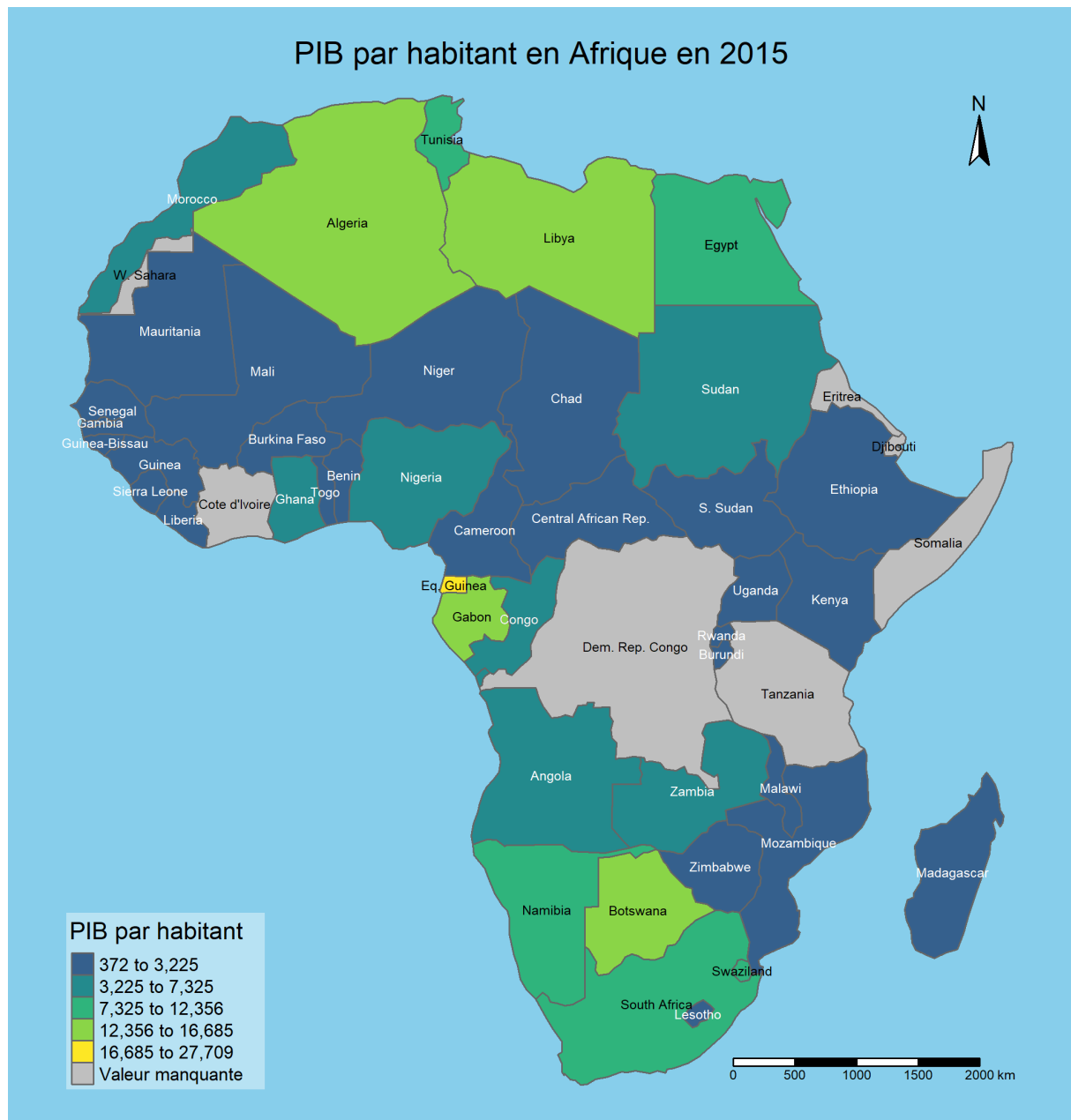
Source : Auteurs avec Rstudio

La carte ci-dessous illustre la répartition géographique du produit intérieur brut (PIB) par habitant en Afrique en 2015. Les données manquantes pour certains pays, tels que la Côte d'Ivoire, le Congo, la Tanzanie, la Somalie et l'Érythrée, sont indiquées par des zones grises sur la carte. Le PIB par habitant le plus élevé, compris entre 16685 et 27709 dollars

par habitant, a été observé en Guinée équatoriale, suivi par des pays comme l'Algérie, la Libye, le Gabon et le Botswana. Les PIB par habitant les plus faibles ont été observés dans les pays d'Afrique de l'Ouest, d'Afrique centrale, d'Afrique de l'Est, ainsi que dans quelques pays du sud tels que le Malawi, le Mozambique, le Zimbabwe et Madagascar, avec un PIB par habitant compris entre 372 à 3225 dollars par habitant.

La carte met en évidence les disparités importantes dans le niveau de développement économique à travers l'Afrique en 2015. Les pays riches en ressources naturelles, tels que la Guinée équatoriale et le Gabon, affichent des PIB par habitant relativement élevés, tandis que les pays enclavés ou affectés par des conflits présentent des PIB par habitant plus bas. Cette carte permet d'identifier visuellement les régions où le développement économique est plus avancé et les zones où des interventions sont nécessaires pour stimuler la croissance économique et améliorer les conditions de vie des habitants.

Cette représentation cartographique offre un aperçu clair et synthétique des disparités économiques en Afrique en 2015, fournissant ainsi des informations précieuses pour l'élaboration de politiques de développement économique et social dans la région.



Source : Auteurs avec Rstudio

3.2 Test de Moran's I

Ces résultats du test de Moran's I fournissent des informations supplémentaires sur l'autocorrélation spatiale dans notre jeu de données, en l'occurrence le PIB par habitant.

La statistique de Moran's I, qui est de 0.3425 dans votre cas, indique une certaine autocorrélation spatiale. Cela suggère que les valeurs similaires du PIB par habitant ont tendance à être spatialement regroupées dans l'espace.

Le standard deviate, qui est de 3.7586, est une mesure de l'écart entre la statistique de Moran's I observée et celle attendue sous l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation spatiale. Un écart élevé indique une forte divergence par rapport à l'attente sous

l'hypothèse nulle.

Le p-value, qui est significativement inférieur à 0.05 (p-value = 8.543e-05), suggère que nous rejetons l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation spatiale. Cela signifie qu'il y a des preuves statistiquement significatives d'une autocorrélation spatiale positive dans les valeurs du PIB par habitant.

Les estimations de l'échantillon indiquent que la statistique de Moran's I est plus élevée que l'espérance sous l'hypothèse nulle (Expectation = -0.0227), ce qui confirme une autocorrélation spatiale positive. La variance de la statistique de Moran's I est également donnée, ce qui permet d'évaluer la fiabilité de l'estimation.

En résumé, ces résultats indiquent que le PIB par habitant présente une autocorrélation spatiale significative, ce qui suggère que les zones géographiques avec des valeurs similaires du PIB par habitant ont tendance à être spatialement regroupées dans l'espace.

```
Moran I statistic standard deviate = 3.7586, p-value = 8.543e-05
alternative hypothesis: greater
sample estimates:
Moran I statistic      Expectation      Variance
      0.342504100      -0.022727273      0.009442334
```

TABLEAU 1 – Test d'autocorrélation spatiale pour la variable PIB par habitant

Ces résultats du test de Moran's I portant sur le taux de mortalité maternelle à la naissance pour 100 000 naissances présentent également une autocorrélation spatiale significative.

La statistique de Moran's I, qui est de 0.3289 dans votre cas, indique une certaine autocorrélation spatiale dans les données du taux de mortalité maternelle. Cela signifie que les zones géographiques avec des valeurs similaires de ce taux ont tendance à être spatialement regroupées dans l'espace.

Le standard deviate, qui est de 3.5342, est une mesure de l'écart entre la statistique de Moran's I observée et celle attendue sous l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation spatiale. Un écart élevé indique une forte divergence par rapport à l'attente sous l'hypothèse nulle.

Le p-value, qui est significativement inférieur à 0.05 (p-value = 0.0002045), suggère que nous rejetons l'hypothèse nulle d'absence d'autocorrélation spatiale. Cela signifie qu'il y a des preuves statistiquement significatives d'une autocorrélation spatiale positive dans les valeurs du taux de mortalité maternelle.

Les estimations de l'échantillon indiquent que la statistique de Moran's I est plus élevée que l'espérance sous l'hypothèse nulle (Expectation = -0.0213), ce qui confirme une autocorrélation spatiale positive. La variance de la statistique de Moran's I est également donnée, ce qui permet d'évaluer la fiabilité de l'estimation.

En résumé, ces résultats suggèrent que le taux de mortalité maternelle à la naissance pour 100 000 naissances présente une autocorrélation spatiale significative, indiquant que les zones géographiques avec des taux similaires de mortalité maternelle ont tendance à être spatialement regroupées dans l'espace.

```
Moran I statistic standard deviate = 3.5342, p-value = 0.0002045
alternative hypothesis: greater
sample estimates:
Moran I statistic      Expectation      Variance
      0.328902844      -0.021276596      0.009817646
```

TABLEAU 2 – Test d'autocorrélation spatiale pour la variable taux de mortalité maternelle

3.3 Régression SAR

(Intercept) : L'intercept représente la valeur estimée du taux de mortalité maternelle lorsque le PIB par habitant est nul. Dans ce modèle, il est de 395.61 avec un écart-type de 84.89. Le z-value associé est significativement différent de zéro, indiquant que cet intercept est significativement différent de zéro.

gdp_per_cap : Ce coefficient mesure la variation du taux de mortalité maternelle pour chaque unité de variation du PIB par habitant. Ici, pour chaque augmentation d'une unité du PIB par habitant, le taux de mortalité maternelle diminue en moyenne de 0.01996 pour 100 000 naissances, avec un écart-type de 0.005705. Le z-value est significatif à un niveau de confiance de 95%, indiquant que cette variable est significativement associée au taux de mortalité maternelle.

Rho : Le coefficient de corrélation spatiale (Rho) mesure la dépendance spatiale entre les observations. Un Rho positif indique une autocorrélation spatiale positive, c'est-à-dire que les valeurs similaires du taux de mortalité maternelle sont spatialement regroupées. Ici, Rho est de 0.38627, indiquant une autocorrélation spatiale positive.

Test LR : Le test LR évalue si le modèle spatial autoregressif est significativement meilleur que le modèle sans autocorrélation spatiale. La valeur de test de 5.9507 avec un p-value de 0.014712 suggère que le modèle spatial autoregressif est significativement meilleur.

Test LM : Ce test évalue la présence d'autocorrélation spatiale dans les résidus du modèle. Ici, le p-value de 0.72314 suggère que les résidus ne présentent pas d'autocorrélation spatiale.

TABLEAU 3 – Résultats de la régression SAR

```

call:lagsarlm(formula = sh_sta_mmr ~ gdp_per_cap, data = sdg_indicators_sf_1NA,
  listw = w_sdg_indicators_sf_1NA, zero.policy = TRUE)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-273.950 -153.147  -15.322   83.571  719.699

Type: lag
Regions with no neighbours included:
 32
Coefficients: (asymptotic standard errors)
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 395.6073221  84.8866847  4.6604 3.156e-06
gdp_per_cap  -0.0199583   0.0057051 -3.4983 0.0004682

Rho: 0.38627, LR test value: 5.9507, p-value: 0.014712
Asymptotic standard error: 0.14171
      z-value: 2.7257, p-value: 0.0064162
wald statistic: 7.4295, p-value: 0.0064162

Log likelihood: -270.4223 for lag model
ML residual variance (sigma squared): 41682, (sigma: 204.16)
Number of observations: 40
Number of parameters estimated: 4
AIC: 548.84, (AIC for lm: 552.8)
LM test for residual autocorrelation
test value: 0.1255, p-value: 0.72314

```

3.4 Effets directs et indirects

Les mesures d'impact dans le modèle spatial autoregressif (SAR) que vous avez ajusté fournissent des informations sur l'effet direct, l'effet indirect et l'effet total du PIB par habitant sur le taux de mortalité maternelle à la naissance

L'effet direct mesure le changement moyen du taux de mortalité maternelle à la naissance pour chaque unité de variation du PIB par habitant, sans tenir compte des interactions spatiales. Dans ce modèle, l'effet direct du PIB par habitant sur le taux de mortalité maternelle est estimé à -0.02094. Cela signifie qu'une augmentation d'une unité du PIB par habitant est associée en moyenne à une diminution de 0.02094 du taux de mortalité maternelle, toutes choses étant égales par ailleurs.

L'effet indirect mesure le changement moyen du taux de mortalité maternelle à la naissance pour chaque unité de variation du PIB par habitant, qui est transmis à travers les effets spatiaux dans le modèle. Dans ce cas, l'effet indirect du PIB par habitant sur le taux de mortalité maternelle est estimé à -0.01158.

L'effet total combine à la fois l'effet direct et l'effet indirect du PIB par habitant

sur le taux de mortalité maternelle à la naissance. Il mesure le changement total du taux de mortalité maternelle pour chaque unité de variation du PIB par habitant, en tenant compte à la fois des effets directs et indirects. Dans ce modèle, l'effet total du PIB par habitant sur le taux de mortalité maternelle est estimé à -0.03252. Ces mesures d'impact permettent de mieux comprendre comment le PIB par habitant influence le taux de mortalité maternelle à la naissance, à la fois directement et à travers les effets spatiaux dans le modèle spatial autoregressif.

TABLEAU 4 – Effets directs et indirects du PIB par habitant sur le taux de mortalité de la mère à la naissance

```
> impacts(lm.sar, listw=w_sdg_indicators_sf_1NA)
Impact measures (lag, exact):
               Direct      Indirect      Total
gdp_per_cap -0.02094049 -0.01157925 -0.03251974
```

4 Conclusion

L'analyse des résultats, notamment à travers la présentation cartographique, révèle des tendances importantes. La répartition géographique du taux de mortalité maternelle en 2008 et 2015 montre des variations significatives à travers le continent. Si des progrès ont été observés dans de nombreux pays, certains défis persistent, notamment dans les régions d'Afrique de l'Ouest.

De plus, l'examen de l'autocorrélation spatiale à l'aide du test de Moran's I indique une autocorrélation positive significative tant pour le PIB par habitant que pour le taux de mortalité maternelle, soulignant ainsi l'importance des interactions spatiales dans ces variables.

Enfin, la régression spatiale autoregressive (SAR) révèle un effet significatif du PIB par habitant sur le taux de mortalité maternelle, à la fois directement et indirectement à travers les effets spatiaux. Ces résultats fournissent des éclairages précieux sur la dynamique spatiale de la mortalité maternelle en Afrique et mettent en évidence l'importance des politiques de développement économique et de santé maternelle dans la région.

5 Bibliographie

Gabriel, Asare, Okyere., all. (2019). Bivariate Copula Based Models for the Dependence of Maternal Mortality Ratio(MMR) on Gross Domestic Product(GDP) and Total Fertility Rate(TFR).

Ken, Imanak, Sagynbekov. (2013). Maternal mortality and its correlates : practical implications of data analysis across multiple countries.. Journal of obstetrics and gynaecology Canada

Christopher, all. (2022). Maternal mortality and economic development in Sub-Saharan Africa. African Social Science and Humanities Journal,

G., S., Premakumara., S.V., Kavitha. (2019). An Analysis of Inter-relationship between Maternal Mortality and Development in Low Human Development Countries.

6 Annexes

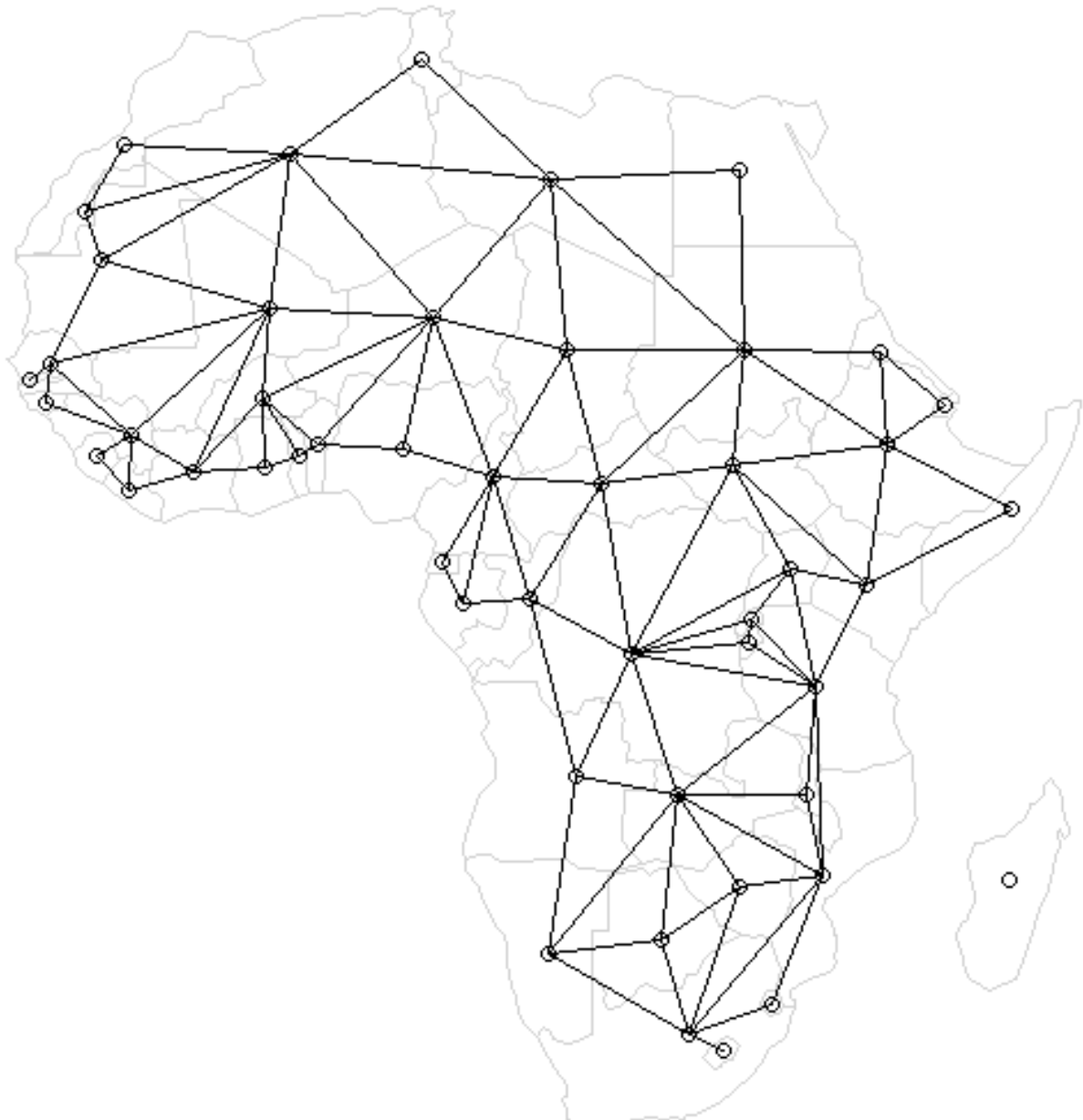


FIGURE 1 – Visualisation de la matrice de voisinage

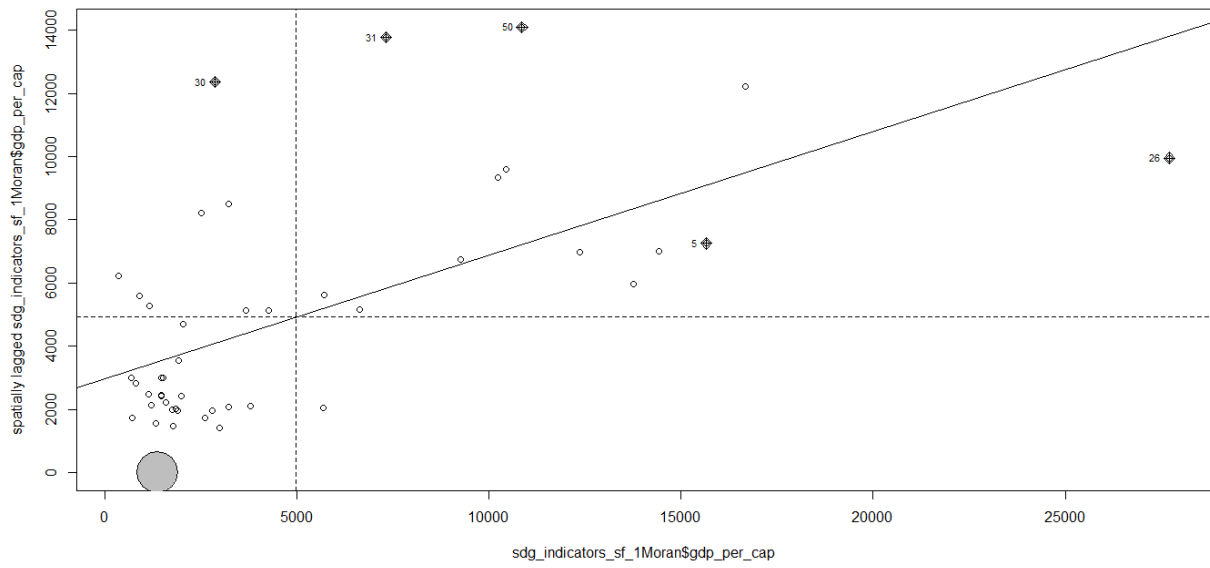


FIGURE 2 – Visualisation du test de Moran pour le PIB par habitant

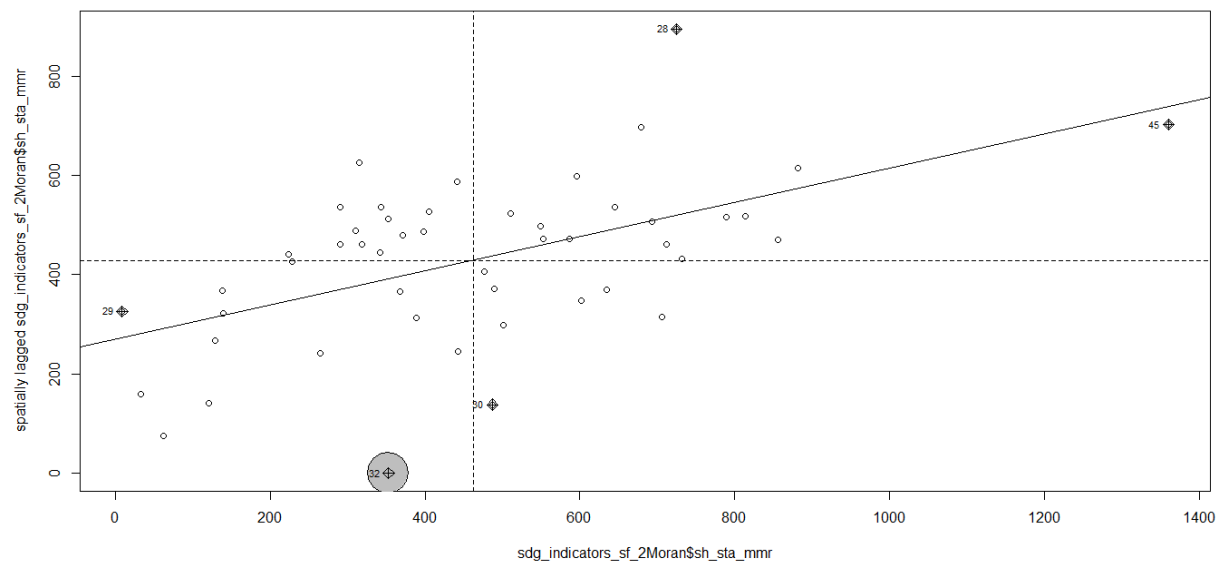


FIGURE 3 – Visualisation du test de Moran pour le taux de mortalité de la mère à la naissance