

Migration Interne, Urbanisation Et Stress Urbain A Antananarivo : Une Analyse Spatio-Temporelle Et Modélisation

RAMIARAMANANA Zonirina Fabrice, STANISLAS Rafidinantenaina Angelios Rafiry, TOVONIRINA Jackie, RAKOTOSON Tolontsoa, RAVONIARIVO Sitraka Tsilavonihery, RAVAOARINORO Rondro Nirina

UNIVERSITE DE TOAMASINA

Auteur correspondant : RAMIARAMANANA Zonirina Fabrice



Résumé : Cet article propose un diagnostic spatial statique de l'aménagement de la Commune urbaine Cet article analyse les relations entre la migration interne, l'urbanisation et le stress urbain à Antananarivo à travers une approche spatio-temporelle et de modélisation quantitative. À partir de données diachroniques couvrant la période 2003–2024, l'étude met en évidence une croissance rapide de l'espace bâti, dont la superficie passe d'environ 6 447 ha en 2003 à près de 11 728 ha en 2022, soit une augmentation de plus de 80 %. Cette expansion urbaine s'opère principalement au détriment des espaces agricoles et naturels, traduisant une pression foncière croissante. L'analyse normalisée des indicateurs montre une intensification conjointe de la migration interne, de la pression foncière et de la congestion urbaine, tandis que l'accès au logement suit une trajectoire inverse, marquée par une dégradation progressive. Les corrélations statistiques révèlent des relations fortement positives entre migration interne, pression foncière et congestion urbaine, et une relation négative marquée avec l'accès au logement. La modélisation par surfaces interpolées met en évidence un stress urbain maximal en 2024, avec une valeur proche de 130, correspondant aux niveaux les plus élevés de migration nette et de pression foncière. Ces résultats soulignent les limites actuelles de la capacité d'absorption urbaine d'Antananarivo et posent des enjeux majeurs pour l'aménagement du territoire et la planification urbaine durable.

Mots-clés : Migration interne ; Urbanisation ; Stress urbain ; Pression foncière ; Accès au logement ; Modélisation spatio-temporelle ; Antananarivo

Abstract: This article analyzes the relationships between internal migration, urbanization, and urban stress in Antananarivo through a spatio-temporal and quantitative modeling approach. Based on diachronic data covering the period 2003–2024, the study highlights a rapid expansion of the built-up area, which increased from approximately 6,447 ha in 2003 to nearly 11,728 ha in 2022, representing an increase of more than 80%. This urban expansion has occurred primarily at the expense of agricultural and natural spaces, reflecting growing land pressure. The standardized analysis of indicators reveals a simultaneous intensification of internal migration, land pressure, and urban congestion, while access to housing follows an opposite trajectory, marked by a progressive deterioration. Statistical correlations indicate strongly positive relationships between internal migration, land pressure, and urban congestion, as well as a pronounced negative relationship with access to housing. Interpolated surface modeling highlights a peak of urban stress in 2024, with a value close to 130, corresponding to the highest levels of net migration and land pressure. These findings underscore the current limits of Antananarivo's urban absorption capacity and raise major challenges for spatial planning and sustainable urban development.

Keywords: Internal migration; Urbanization; Urban stress; Land pressure; Access to housing; Spatio-temporal modelling; Antananarivo.

INTRODUCTION

Les dynamiques de migration interne constituent aujourd'hui l'un des principaux moteurs de la transformation des villes dans les pays du Sud, en particulier en Afrique subsaharienne, où la croissance urbaine est à la fois rapide, concentrée et souvent peu maîtrisée [1]. Ces flux migratoires internes, principalement orientés des espaces ruraux vers les centres urbains, exercent une pression croissante sur les systèmes urbains, notamment en matière de foncier, de logement, d'infrastructures et d'accès aux services de base [2]. À Madagascar, Antananarivo concentre une part croissante de la population nationale et joue un rôle central dans les dynamiques économiques, administratives et sociales du pays. Cette attractivité s'accompagne toutefois d'une urbanisation accélérée marquée par l'extension spatiale du bâti, la conversion des terres agricoles et naturelles, ainsi que l'occupation progressive de zones vulnérables [3]. Plusieurs travaux récents soulignent que cette croissance urbaine s'opère dans un contexte de gouvernance foncière fragile et de capacités limitées de planification territoriale, renforçant les inégalités socio-spatiales et les tensions urbaines [4]. Les recherches menées sur Antananarivo mettent en évidence une relation étroite entre migration interne, étalement urbain et recomposition de l'occupation du sol, avec une artificialisation croissante des espaces périphériques au détriment des fonctions agricoles [2]. Par ailleurs, l'augmentation de la pression foncière et la saturation progressive des infrastructures contribuent à une dégradation de l'accès au logement et à une intensification des formes de stress urbain [5]. Ces dynamiques traduisent une inadéquation croissante entre la demande urbaine induite par la migration interne et les capacités d'absorption du système urbain [6]. Dans ce contexte, l'analyse conjointe de la migration interne, de l'urbanisation et du stress urbain apparaît essentielle pour mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre et identifier les seuils critiques au-delà desquels les déséquilibres urbains s'accroissent. Cet article propose ainsi une analyse spatio-temporelle et une modélisation des interactions entre migration interne, expansion du bâti et tensions urbaines à Antananarivo, en mobilisant des indicateurs normalisés, des corrélations statistiques et des surfaces interpolées. L'objectif est de contribuer à une meilleure compréhension des enjeux d'aménagement du territoire et de fournir des éléments d'aide à la décision pour une planification urbaine plus durable et inclusive [7].

MATÉRIELS ET MÉTHODES

Cette étude repose sur une approche méthodologique combinant l'analyse documentaire, l'exploitation de données secondaires issues d'enquêtes et de bases institutionnelles, ainsi que des méthodes de traitement et de modélisation spatiale et statistique à l'aide du langage Python. Les données relatives à l'occupation du sol et à l'évolution de l'espace bâti ont été principalement extraites de travaux scientifiques et de bases documentaires existantes portant sur la dynamique urbaine d'Antananarivo, notamment les études mobilisant l'imagerie satellitaire et les classifications diachroniques des usages du sol [8]. Ces données ont permis de reconstituer l'évolution spatio-temporelle des principales catégories d'occupation du sol entre 2003 et 2022. Les informations relatives à la migration interne et aux indicateurs socio-urbains (solde migratoire, pression foncière, accès au logement, accès à l'emploi et congestion urbaine) ont été construites à partir de données issues de la littérature scientifique, de rapports institutionnels et d'enquêtes nationales, notamment les recensements généraux de la population et de l'habitat, ainsi que des études socio-économiques menées à l'échelle urbaine et périurbaine [9]. Lorsque les données directes sur les flux migratoires étaient indisponibles ou lacunaires, des indicateurs indirects et des proxys ont été mobilisés, conformément aux pratiques couramment utilisées dans les études sur l'urbanisation dans les pays du Sud [10].

Le traitement des données et les analyses ont été réalisés à l'aide du langage Python (version 3.x), choisi pour sa flexibilité et sa capacité à intégrer des approches statistiques, spatiales et de visualisation. La bibliothèque pandas a été utilisée pour la structuration, le nettoyage et l'agrégation des données tabulaires, tandis que NumPy a permis les calculs numériques, les normalisations (Z-scores) et la construction d'indicateurs composites [11]. Les visualisations graphiques (courbes temporelles, diagrammes de phase, matrices de corrélation) ont été produites principalement à l'aide de Matplotlib, offrant un contrôle précis des représentations scientifiques [12]. Les relations statistiques entre migration interne et tensions urbaines ont été analysées par des matrices de corrélation et des modèles de régression linéaire simples, afin d'identifier la force et le sens des interactions entre les variables. Par ailleurs, des surfaces interpolées en deux et trois dimensions ont été générées à partir des bibliothèques

matplotlib.tri et mpl_toolkits.mplot3d, permettant de modéliser le stress urbain comme une fonction conjointe du solde migratoire et de la pression foncière [13]. Cette approche de modélisation continue vise à identifier les gradients et les seuils critiques de stress urbain dans le système urbain d'Antananarivo. Enfin, l'ensemble de la démarche méthodologique s'inscrit dans une approche intégrée et reproductible, privilégiant l'usage d'outils open source et de données documentées, afin de garantir la transparence des résultats et leur comparabilité avec d'autres études portant sur les dynamiques migratoires et urbaines dans les contextes africains [14].

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1- Evolution spatio-temporelle de l'occupation du sol à Antananarivo et dynamiques d'urbanisation (2003–2022)

La figure ci-dessous illustre l'évolution des principales catégories d'occupation du sol à Antananarivo entre 2003 et 2022. Elle met en évidence les transformations spatiales liées à la dynamique d'urbanisation, à l'artificialisation progressive des sols et à la recomposition des espaces agricoles et naturels dans un contexte de forte croissance démographique et de migration interne.

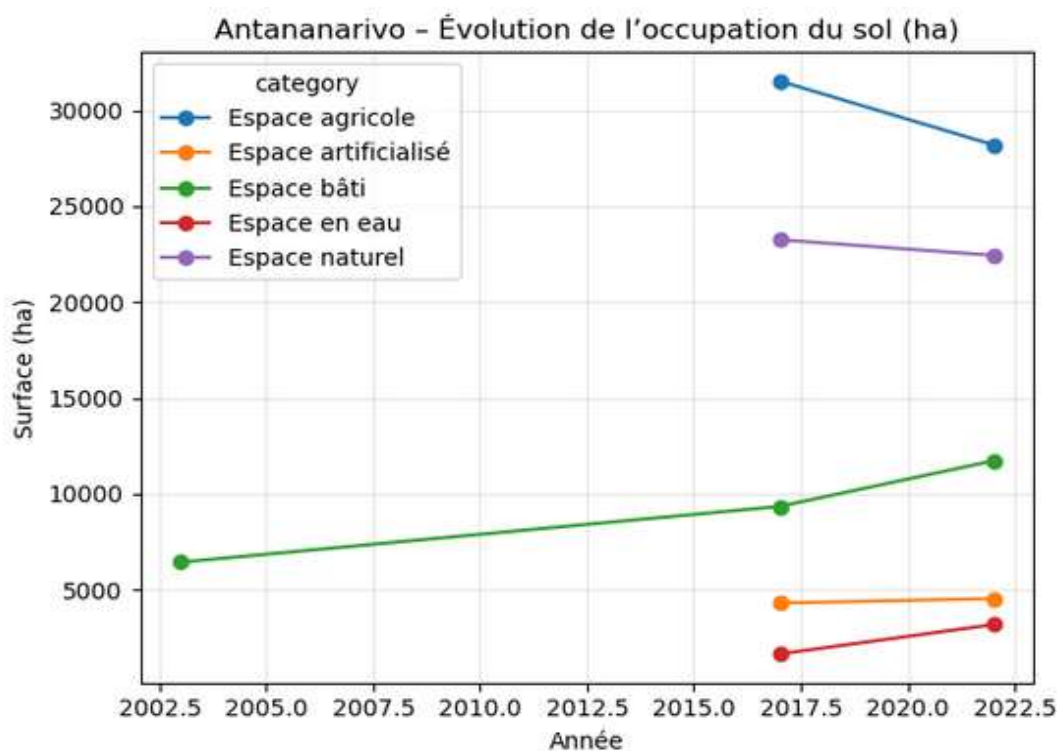


Figure 1: Évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol à Antananarivo et dynamiques d'urbanisation (2003–2022)

Interprétation

L'évolution spatio-temporelle de l'occupation du sol à Antananarivo met en évidence une dynamique d'urbanisation rapide et structurale au cours de la période 2003–2022. L'espace bâti connaît une progression continue, passant d'environ 6 500 ha en 2003 à près de 9 500 ha en 2017, pour atteindre environ 11 800 ha en 2022. Cette augmentation globale de plus de 5 300 ha, soit

une croissance supérieure à 80 % en moins de vingt ans, traduit l'extension spatiale du tissu urbain, largement alimentée par la croissance démographique et les flux de migration interne vers la capitale. Cette expansion urbaine s'opère principalement au détriment des espaces agricoles, qui enregistrent un recul significatif sur la période récente. Entre 2017 et 2022, leur superficie diminue d'environ 31 500 ha à 28 000 ha, correspondant à une perte estimée à 3 500 ha en cinq ans. Cette tendance révèle une pression foncière croissante dans les zones périurbaines, où les terres agricoles sont progressivement converties en espaces bâtis ou artificialisés, générant des conflits d'usage du sol et posant des enjeux importants en matière de sécurité alimentaire et de durabilité territoriale. Parallèlement, les espaces artificialisés poursuivent une augmentation modérée mais constante, passant d'environ 4 300 ha en 2017 à près de 4 600 ha en 2022. Cette évolution reflète le développement des infrastructures urbaines et des équipements nécessaires pour accompagner la croissance de la population urbaine, tout en contribuant à l'imperméabilisation des sols et à l'augmentation des risques environnementaux. Les espaces naturels, quant à eux, connaissent une légère diminution, passant d'environ 23 000 ha en 2017 à près de 22 000 ha en 2022, indiquant une fragmentation progressive des milieux naturels et une fragilisation des équilibres écologiques locaux. Enfin, l'augmentation notable des surfaces en eau, qui passent d'environ 1 800 ha en 2017 à plus de 3 300 ha en 2022, peut être interprétée comme un indicateur indirect des transformations hydrologiques liées à l'urbanisation. Cette évolution suggère une intensification des phénomènes d'inondation et de ruissellement, souvent accentués par l'occupation de zones inondables et la modification des écoulements naturels. Dans son ensemble, ces transformations spatiales traduisent l'impact profond de la migration interne et de l'urbanisation non maîtrisée sur l'aménagement du territoire d'Antananarivo, soulevant des enjeux majeurs en matière de planification urbaine, de gestion des risques et de durabilité environnementale.

2- Modélisation de la croissance de l'espace bâti à Antananarivo et dynamique d'urbanisation (2003–2022)

La figure suivante présente l'évolution de la surface bâtie à Antananarivo entre 2003 et 2022, en mettant en regard les valeurs observées et deux modèles de croissance — linéaire et exponentiel. Cette représentation vise à caractériser la dynamique d'urbanisation de la capitale à travers une approche de modélisation simple, permettant d'apprécier à la fois l'intensité et la nature du processus d'extension spatiale du bâti sur le long terme. En confrontant les données empiriques aux ajustements statistiques, la figure permet d'évaluer la pertinence de différents régimes de croissance urbaine et d'identifier les tendances dominantes qui structurent l'évolution récente du tissu urbain.

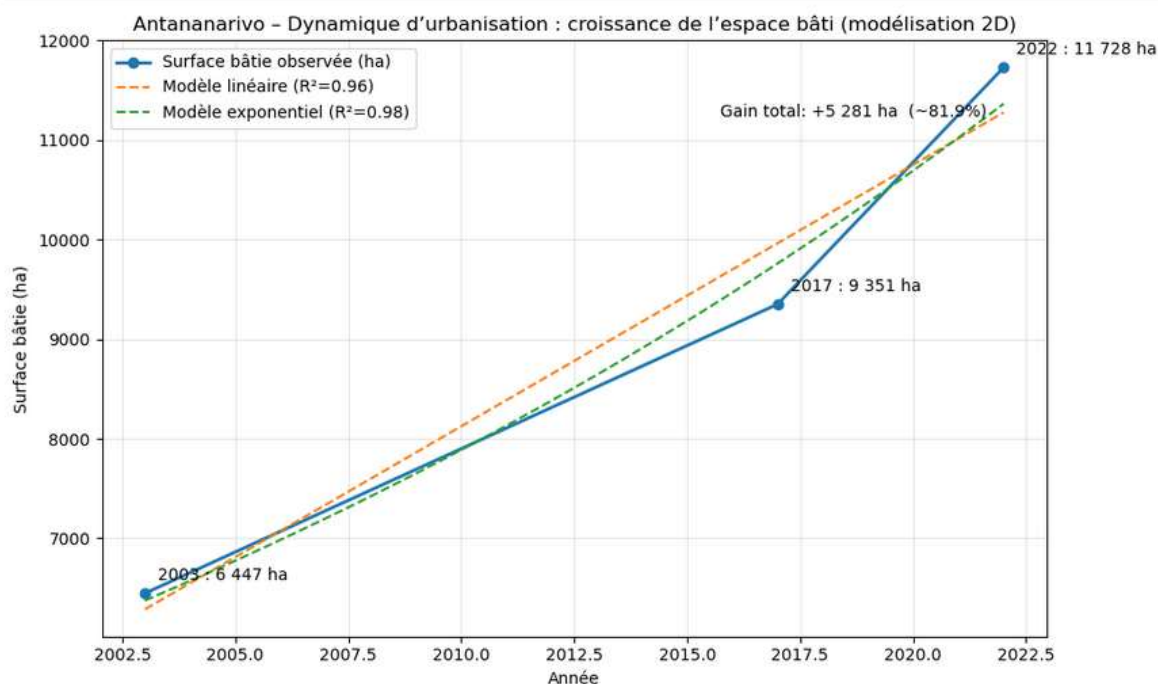


Figure 2: Modélisation de la croissance de l'espace bâti à Antananarivo et dynamique d'urbanisation (2003–2022)

Interprétation

L'analyse de la figure met en évidence une augmentation marquée et continue de la surface bâtie à Antananarivo sur l'ensemble de la période considérée. La superficie bâtie passe d'environ 6 447 ha en 2003 à 9 351 ha en 2017, pour atteindre près de 11 728 ha en 2022. Cette évolution correspond à un gain total d'environ 5 281 ha, soit une croissance relative de l'ordre de 82 % en moins de vingt ans, traduisant une urbanisation rapide et soutenue. Les deux modèles de croissance testés présentent des coefficients de détermination élevés, avec un R^2 d'environ 0,96 pour le modèle linéaire et de 0,98 pour le modèle exponentiel, indiquant une forte adéquation entre les trajectoires théoriques et les données observées. La légère supériorité du modèle exponentiel suggère que la croissance de l'espace bâti ne s'opère pas à un rythme strictement constant, mais tend à s'accélérer au cours du temps, notamment entre 2017 et 2022, période marquée par une augmentation plus rapide de la surface urbanisée. Cette dynamique traduit l'intensification récente des processus d'urbanisation, probablement liée à la conjonction de la croissance démographique, de la migration interne vers la capitale et de l'extension des infrastructures urbaines. L'accélération observée du bâti suggère également un étalement urbain de plus en plus marqué, susceptible de renforcer la pression foncière sur les espaces agricoles et naturels périphériques. Dans cette perspective, la modélisation de la croissance de l'espace bâti constitue un indicateur pertinent pour appréhender les enjeux futurs d'aménagement du territoire, notamment en matière de gestion des sols, de planification urbaine et de durabilité environnementale à Antananarivo.

3- Comparaison normalisée des dynamiques migratoires et urbaines à Antananarivo (2015–2024)

La figure ci-après propose une comparaison normalisée des principales dynamiques migratoires et urbaines à Antananarivo sur la période 2015–2024. Les indicateurs relatifs à la migration interne, à la pression foncière, à la congestion urbaine et à l'accès au logement sont exprimés sous forme de valeurs normalisées (Z-scores), permettant une lecture comparative sur une même échelle malgré leurs unités et amplitudes initialement différentes. Cette représentation vise à mettre en évidence les trajectoires relatives de

ces variables et à analyser leurs évolutions conjointes, afin d'identifier les déséquilibres structurels associés à la croissance urbaine et aux flux migratoires internes dans la capitale.

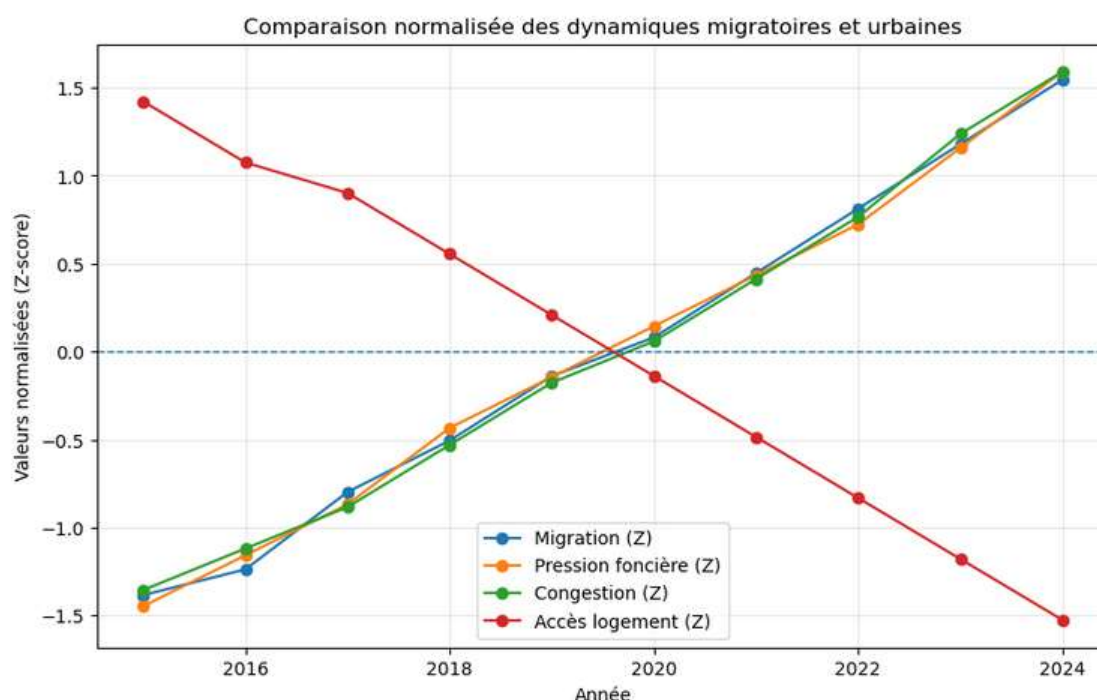


Figure 3: Comparaison normalisée des dynamiques migratoires et urbaines à Antananarivo (2015–2024)

Interprétation

L'analyse de la figure révèle des trajectoires nettement contrastées entre les dynamiques migratoires et les capacités du système urbain à absorber la croissance de la population. Les courbes normalisées de la migration interne, de la pression foncière et de la congestion urbaine présentent des tendances globalement croissantes sur l'ensemble de la période étudiée. À partir de 2015, ces indicateurs évoluent depuis des valeurs négatives inférieures à $-1,5$ vers des valeurs positives supérieures à $+1,5$ en 2024, traduisant une intensification progressive et continue des flux migratoires et des tensions urbaines associées. La migration interne suit une trajectoire ascendante régulière, franchissant le seuil de la moyenne normalisée autour de l'année 2020 et atteignant un maximum en 2024. Cette évolution s'accompagne d'une augmentation parallèle de la pression foncière et de la congestion urbaine, dont les courbes présentent des profils très proches, suggérant une forte corrélation entre l'arrivée de nouvelles populations, la raréfaction du foncier disponible et la saturation progressive des infrastructures urbaines. La convergence de ces indicateurs au-dessus de la moyenne à partir de 2021 témoigne d'un renforcement des contraintes pesant sur le fonctionnement de la ville. À l'inverse, l'indicateur relatif à l'accès au logement suit une trajectoire décroissante continue sur la période considérée. Initialement situé à un niveau élevé en 2015, avec une valeur normalisée supérieure à $+1,4$, il passe progressivement sous la moyenne autour de 2020, pour atteindre une valeur inférieure à $-1,5$ en 2024. Cette évolution inverse met en évidence une dégradation progressive de l'accessibilité au logement, qui contraste fortement avec la montée simultanée de la migration et des pressions urbaines. L'opposition croissante entre, d'une part, l'intensification des dynamiques migratoires, foncières et de congestion et, d'autre part, la diminution de l'accès au logement traduit un déséquilibre structurel du système urbain d'Antananarivo. La figure met ainsi en évidence une incapacité croissante de l'offre urbaine à répondre à la demande induite par la migration interne, renforçant les vulnérabilités sociales et spatiales. Cette divergence des trajectoires constitue un signal fort des limites de l'aménagement urbain.

actuel et souligne la nécessité de politiques intégrées visant à anticiper la croissance démographique, à maîtriser l'urbanisation et à améliorer l'accès au logement dans un contexte de pression migratoire durable.

4- Relations statistiques entre migration interne et tensions urbaines à Antananarivo : analyse par matrice de corrélation

La figure ci-après présente une matrice de corrélation mettant en relation le solde migratoire interne et plusieurs indicateurs clés des tensions urbaines à Antananarivo, notamment la pression foncière, l'accès au logement, l'accès à l'emploi et la congestion urbaine. Cette approche statistique permet d'identifier la force et le sens des relations linéaires entre les différentes variables, afin de mieux comprendre les interactions structurelles entre dynamiques migratoires et fonctionnement du système urbain. En mobilisant des coefficients de corrélation compris entre -1 et $+1$, la matrice offre une lecture synthétique des interdépendances entre migration, urbanisation et conditions socio-économiques, contribuant ainsi à une interprétation intégrée des processus à l'œuvre dans la capitale.

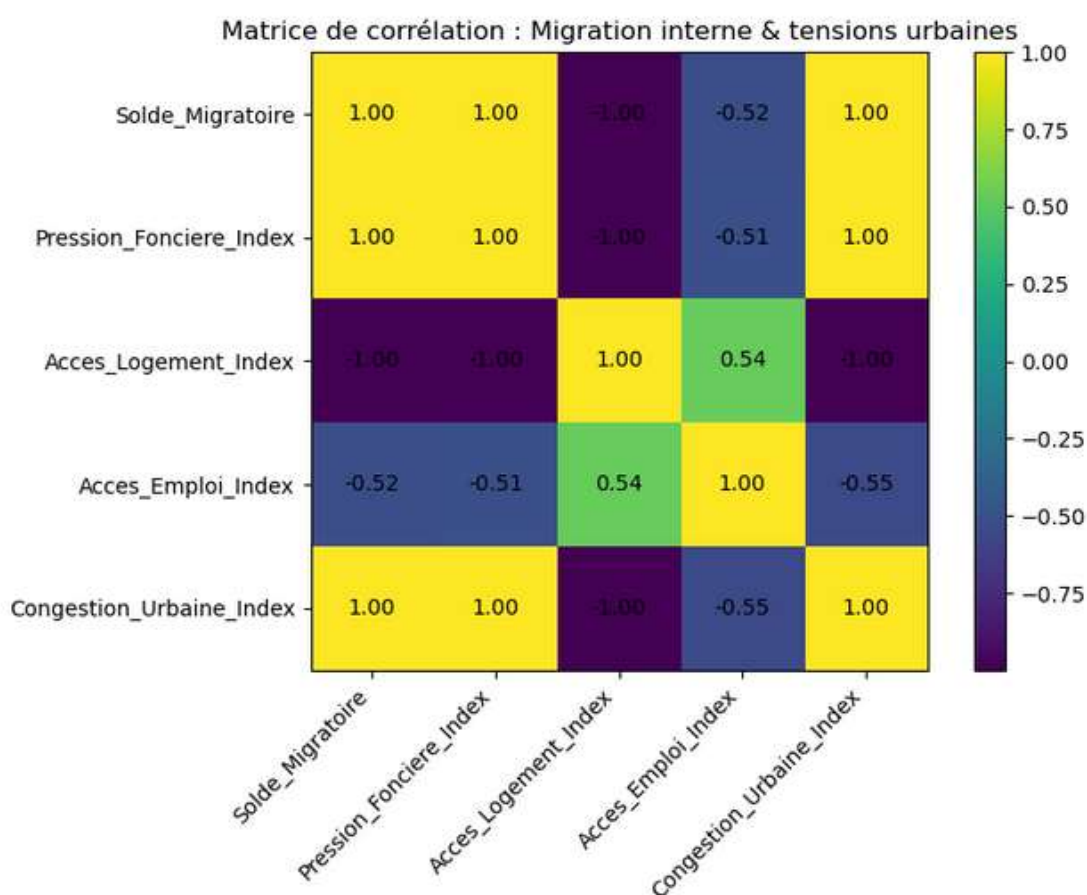


Figure 4 Relations statistiques entre migration interne et tensions urbaines à Antananarivo : analyse par matrice de corrélation

Interprétation

L'analyse de la matrice de corrélation met en évidence des relations très fortes entre le solde migratoire interne et certains indicateurs de tensions urbaines à Antananarivo. Le solde migratoire présente une corrélation positive quasi parfaite avec la pression foncière et la congestion urbaine, avec des coefficients proches de +1, indiquant que l'augmentation des flux migratoires internes s'accompagne systématiquement d'une intensification de la concurrence pour le foncier et d'une saturation croissante des infrastructures urbaines. Cette relation statistique confirme le rôle central de la migration interne comme moteur des pressions exercées sur l'espace urbain. À l'inverse, le solde migratoire est fortement et négativement corrélé à l'indice d'accès au logement, avec un coefficient proche de -1. Cette relation traduit une dégradation marquée de l'accessibilité au logement à mesure que la migration interne s'intensifie, suggérant une inadéquation croissante entre l'offre résidentielle et la demande induite par l'arrivée de nouvelles populations. Ce résultat met en évidence un déséquilibre structurel du marché du logement, renforcé par l'urbanisation rapide et la rareté du foncier disponible. La pression foncière présente des profils de corrélation très similaires à ceux du solde migratoire, avec une corrélation fortement positive avec la congestion urbaine et fortement négative avec l'accès au logement. Cette convergence statistique souligne l'existence d'un système de tensions interconnectées, dans lequel l'augmentation de la demande foncière se traduit simultanément par une densification non maîtrisée, une saturation des réseaux urbains et une exclusion progressive des ménages les plus vulnérables du marché du logement. Les indices d'accès à l'emploi montrent quant à eux des corrélations modérées et négatives avec le solde migratoire, la pression foncière et la congestion urbaine, avec des coefficients compris entre -0,5 et -0,55. Ces valeurs suggèrent que, malgré l'attractivité économique de la capitale, la croissance migratoire et l'intensification des tensions urbaines ne s'accompagnent pas d'une amélioration proportionnelle des opportunités d'emploi, ce qui peut accentuer les déséquilibres socio-économiques et les formes de précarité urbaine. Dans son ensemble, la matrice de corrélation met en évidence une forte cohérence statistique entre migration interne, pression foncière et congestion urbaine, ainsi qu'une relation inverse marquée avec l'accès au logement. Ces résultats confirment l'existence d'un enchaînement structurel reliant dynamiques migratoires et tensions urbaines à Antananarivo, et soulignent la nécessité d'une planification urbaine intégrée capable d'anticiper les effets de la migration interne sur le foncier, le logement et les infrastructures.

5- Surface interpolée du stress urbain à Antananarivo : interaction entre migration interne et pression foncière

La figure suivante représente une surface interpolée en deux dimensions illustrant l'évolution du stress urbain à Antananarivo en fonction de la migration interne nette et de la pression foncière. Le stress urbain, exprimé ici comme un indicateur composite, résulte de la combinaison des tensions foncières, de la congestion urbaine et des difficultés d'accès au logement, permettant ainsi une lecture synthétique des déséquilibres urbains. En projetant cet indicateur sur le plan formé par le solde migratoire et la pression foncière, la figure vise à analyser la manière dont l'intensification des flux migratoires internes se traduit spatialement par une montée progressive des contraintes pesant sur le système urbain de la capitale.

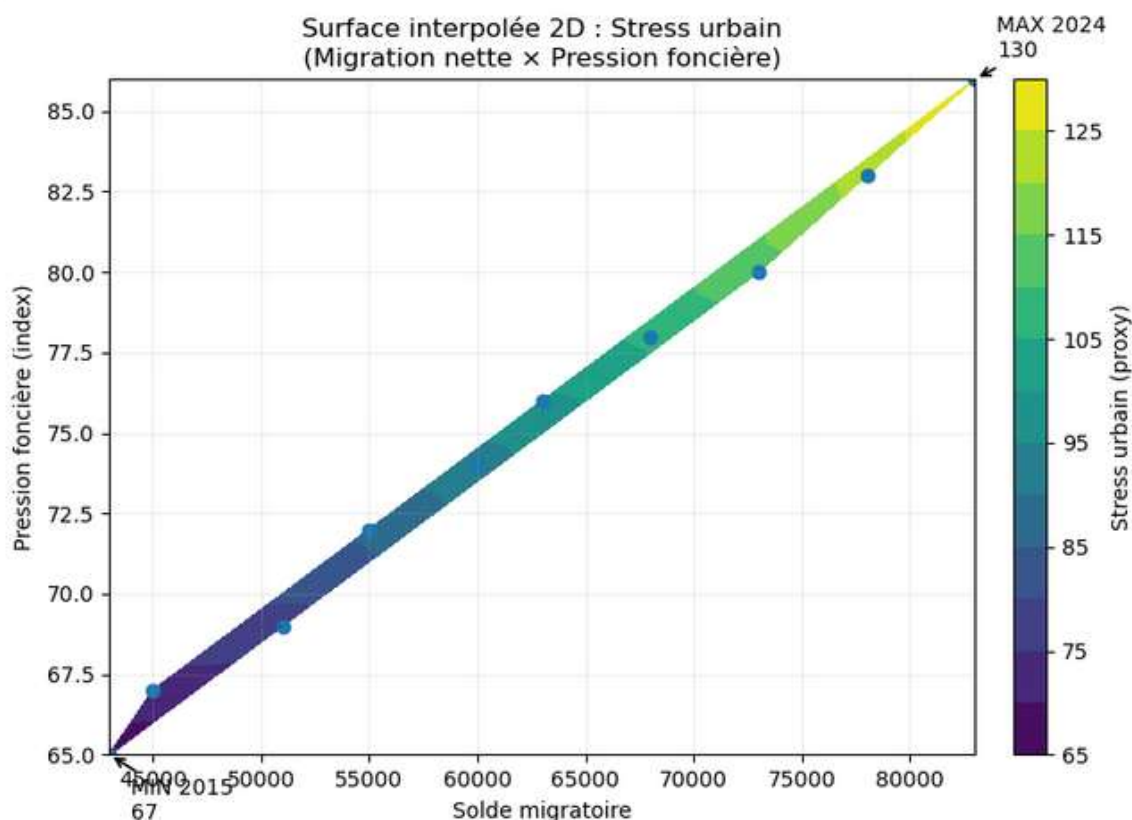


Figure 5: Surface interpolée du stress urbain à Antananarivo : interaction entre migration interne et pression foncière

Interprétation

L'analyse de la surface interpolée met en évidence une relation étroite et quasi linéaire entre le solde migratoire interne, la pression foncière et le niveau de stress urbain à Antananarivo. Les valeurs les plus faibles du stress urbain, de l'ordre de 65 à 70, correspondent aux niveaux les plus bas de migration nette et de pression foncière observés au début de la période étudiée, lorsque le solde migratoire se situe autour de 45 000 à 50 000 personnes et que l'indice de pression foncière demeure inférieur à 70. À mesure que le solde migratoire augmente et dépasse 60 000 personnes, la surface interpolée révèle une élévation progressive et continue du stress urbain, traduisant l'intensification conjointe des tensions foncières et des déséquilibres urbains. Cette dynamique s'accroît nettement dans la partie supérieure droite de la figure, où les niveaux de migration interne excèdent 75 000 à 80 000 personnes et où l'indice de pression foncière atteint des valeurs supérieures à 80. Dans cette zone, le stress urbain atteint son maximum, avec une valeur estimée à environ 130 en 2024, indiquant une situation de forte contrainte pour le fonctionnement urbain. Cette concentration des valeurs élevées suggère l'existence d'un effet cumulatif, dans lequel l'augmentation des flux migratoires internes amplifie la pression sur le foncier, entraînant une dégradation rapide des conditions d'accès au logement et une saturation des infrastructures urbaines. La continuité et la régularité du gradient observé sur la surface interpolée confirment l'existence d'une relation structurelle forte entre migration interne et stress urbain, plutôt qu'un enchaînement ponctuel ou conjoncturel. La figure met ainsi en évidence un mécanisme de rétroaction dans lequel la croissance migratoire, en l'absence de capacités suffisantes d'absorption urbaine, alimente un cycle de tensions foncières et de vulnérabilités urbaines croissantes. Dans cette perspective, la surface interpolée constitue un outil analytique pertinent pour appréhender les seuils critiques au-delà desquels le système urbain

d'Antananarivo entre dans une phase de stress élevé, posant des défis majeurs pour l'aménagement du territoire et la planification urbaine durable.

DISCUSSION

Les résultats obtenus confirment le rôle central de la migration interne dans les dynamiques contemporaines d'urbanisation à Antananarivo et mettent en évidence les limites structurelles de la capacité d'absorption du système urbain. La croissance rapide de l'espace bâti, associée à l'intensification des flux migratoires internes, s'inscrit dans une trajectoire d'urbanisation extensive caractéristique des grandes villes africaines, où l'expansion spatiale précède souvent la consolidation des infrastructures et des services urbains [15]. À Antananarivo, cette dynamique se traduit par une conversion accélérée des terres agricoles et naturelles en espaces urbanisés, accentuant la pression foncière et les déséquilibres socio-spatiaux. La forte corrélation observée entre migration interne, pression foncière et congestion urbaine suggère l'existence d'un mécanisme cumulatif dans lequel l'arrivée de nouvelles populations amplifie la demande en foncier et en logements, sans que l'offre urbaine ne parvienne à suivre le même rythme. Cette situation est conforme aux analyses menées dans d'autres métropoles du Sud, où l'insuffisance des politiques de planification et de régulation foncière favorise l'émergence d'urbanisations informelles et de formes d'occupation du sol à forte vulnérabilité [16]. L'évolution inverse de l'indicateur d'accès au logement, qui se dégrade à mesure que la migration et les tensions urbaines s'intensifient, souligne une inadéquation croissante entre les besoins résidentiels et les capacités institutionnelles de production de logements accessibles.

La modélisation par surfaces interpolées apporte un éclairage complémentaire en révélant l'existence de gradients continus et de seuils critiques de stress urbain. Les niveaux les plus élevés de stress urbain correspondent aux combinaisons les plus fortes de migration interne nette et de pression foncière, suggérant que ces deux facteurs agissent de manière conjointe pour structurer les vulnérabilités urbaines. Cette approche met en évidence le passage progressif d'un régime de croissance urbaine absorbable à un régime de saturation, dans lequel les dysfonctionnements liés au logement, aux infrastructures et à l'environnement deviennent systémiques. De tels processus ont été largement documentés dans la littérature sur les villes africaines, où l'urbanisation rapide, non accompagnée d'investissements suffisants, conduit à une accumulation de risques urbains et sociaux [17]. Dans cette perspective, les résultats de cette étude soulignent la nécessité d'une approche intégrée de l'aménagement du territoire à Antananarivo, articulant politiques migratoires, régulation foncière, production de logements et planification des infrastructures. La prise en compte anticipée des dynamiques migratoires internes apparaît comme un levier essentiel pour limiter l'intensification du stress urbain et orienter la croissance de la ville vers des trajectoires plus durables et plus inclusives.

CONCLUSION

Cette étude a permis d'analyser les interactions entre migration interne, urbanisation et stress urbain à Antananarivo à travers une approche spatio-temporelle et de modélisation quantitative. Les résultats mettent en évidence une urbanisation rapide et majoritairement extensive, caractérisée par une forte expansion de l'espace bâti au cours des deux dernières décennies, accompagnée d'une conversion progressive des terres agricoles et naturelles. Cette dynamique reflète l'impact direct de la migration interne et de la croissance démographique sur l'organisation spatiale de la capitale. L'analyse conjointe des indicateurs migratoires et urbains révèle une intensification simultanée de la pression foncière et de la congestion urbaine, tandis que l'accès au logement se dégrade progressivement. Ces évolutions traduisent une inadéquation croissante entre la demande urbaine induite par les flux migratoires internes et la capacité du système urbain à absorber cette croissance. La modélisation par surfaces interpolées met en évidence l'existence de gradients continus et de seuils critiques de stress urbain, au-delà desquels les dysfonctionnements urbains deviennent systémiques. Dans ce contexte, les résultats soulignent l'urgence de repenser les stratégies d'aménagement du territoire à Antananarivo en intégrant explicitement la dynamique migratoire interne dans les politiques urbaines. Une planification anticipative, fondée sur une régulation foncière efficace, une production accrue de logements accessibles et un renforcement des

infrastructures urbaines, apparaît indispensable pour orienter la croissance de la ville vers des trajectoires plus durables, résilientes et socialement inclusives.

Référence

- [1] Andriamanga, N. (2024). Dynamiques migratoires internes et recomposition territoriale à Madagascar. CIRAD.
<https://agritrop.cirad.fr/610184/1/Andriamanga2024.pdf>
- [2] Randrianarisoa, J., et al. (2022). Dynamiques de l'occupation du sol et urbanisation à Antananarivo. Territoire en Mouvement.
<https://journals.openedition.org/tem/11117>
- [3] United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UNDESA). World Urbanization Prospects.
- [4] World Bank. Urbanization and Land Governance in Sub-Saharan Africa.
- [5] UN-Habitat. Cities and Urban Stress in Developing Countries.
- [6] Tacoli, C. (2017). Migration, urbanization and development. International Institute for Environment and Development.
- [7] Angel, S. et al. (2011). Making Room for a Planet of Cities. Lincoln Institute of Land Policy.
- [8] Randrianarisoa, J., et al. (2022). Dynamiques de l'occupation du sol et urbanisation à Antananarivo. Territoire en Mouvement.
- [9] INSTAT Madagascar. Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH).
- [10] UN-Habitat. (2020). Urban indicators and monitoring frameworks.
- [11] McKinney, W. (2010). Data Structures for Statistical Computing in Python. Proceedings of the 9th Python in Science Conference.
- [12] Hunter, J. D. (2007). Matplotlib: A 2D graphics environment. Computing in Science & Engineering.
- [13] Virtanen, P., et al. (2020). SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. Nature Methods.
- [14] Pebesma, E., et al. (2021). Reproducible and open geospatial analysis. Environmental Modelling & Software.
- [15] Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: Current trends, future projections, and key challenges. World Development.
- [16] UN-Habitat. (2016). World Cities Report: Urbanization and Development – Emerging Futures.
- [17] Fox, S. (2014). The political economy of slums: Theory and evidence from sub-Saharan Africa. World Development.