

UNIVERSITÉ D'AVIGNON

UFR Lettres, Sciences Humaines et Sociales

Master Géographie, Aménagement, Environnement et Développement

- Géomatique et Conduite de Projets Territoriaux -

**Impact des profils de propriétaires fonciers sur l'urbanisation et l'étalement urbain dans la
Métropole d'Aix-Marseille-Provence**

Fabien RIVES

Numéro d'étudiant : 2502533

« Je soussigné Fabien RIVES certifie que le contenu de ce mémoire est le résultat de mon travail personnel. Je certifie également que toutes les données, tous les raisonnements et toutes les conclusions empruntés à la littérature sont soit exactement recopiés et placés entre guillemets dans le texte, soit spécialement indiqués et référencés dans une liste bibliographique en fin de volume. Je certifie enfin que ce document, en totalité ou pour partie, n'a pas servi antérieurement à d'autres évaluations, et n'a jamais été publié. Les propos indiqués n'engagent que l'auteur. »

Encadrants :

- Laure CASANOVA ENAULT : Co-directrice de la chaire GIF – Maître de conférences en géographie (Avignon Université - UMR 7300 ESPACE)
- Rémi DELATTRE : Doctorant en géographie (Avignon Université - UMR 7300 ESPACE)

Année universitaire 2024 – 2025

Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude envers ma directrice de mémoire, Madame Laure CASANOVA ENAULT, co-directrice de la chaire GIF et maître de conférences en géographie à Avignon Université (UMR 7300 ESPACE). Sa confiance et son accompagnement constant ont été essentiels tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Mes remerciements s'adressent également à mon co-encadrant, Monsieur Rémi DELATTRE, doctorant en géographie à Avignon Université (UMR 7300 ESPACE). Sa disponibilité, son expertise et ses conseils avisés ont été précieux et m'ont permis de progresser significativement et de mener à bien ce travail.

Je souhaite aussi remercier Monsieur Mathieu VIGNAL, maître de conférences en géographie à Avignon Université (UMR 7300 ESPACE) et responsable de la promotion du Master 1 GEOTER. Son suivi attentif et son soutien bienveillant tout au long de l'année ont grandement contribué au bon déroulement de ma formation.

Je suis reconnaissant envers l'ensemble de l'équipe pédagogique du Master GEOTER pour la qualité de leur enseignement et leur engagement auprès des étudiants. Leur dévouement a créé un environnement d'apprentissage stimulant et propice à la réussite.

Je remercie, pour finir, toutes les personnes qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de ce travail.

Sommaire

Glossaire.....	5
Liste des abréviations.....	8
Liste des figures	10
Résumé.....	12
Introduction	13
I. Cadre et enjeux de la propriété foncière et de l'urbanisation	16
A. La propriété foncière	16
B. Les acteurs de la propriété foncière et leur influence sur les dynamiques urbaines..	17
1. Typologie et répartition des propriétaires fonciers : une structure dominée par les personnes physiques.....	17
2. L'influence déterminante des propriétaires sur les dynamiques d'urbanisation.....	18
3. Les politiques publiques face aux logiques de propriété : choisir entre régulation et adaptation.....	19
C. Politique et cadre juridique de l'urbanisation.....	21
II. Construction d'un système d'observation des parcelles constructibles et de leurs propriétaires au sein de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence	22
A. Collecte et analyse des données.....	22
B. Traitement et exploitation des données pour la zone d'étude de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence.....	25
1. Système d'information géographique (SIG) : cartographie et analyse de la propriété foncière	25
2. Répartition du pouvoir foncier dans la Métropole.....	40
C. Dynamique d'urbanisation et de propriété foncière : analyse des liens entre les propriétaires et le développement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence.....	43
1. Ciblage des propriétaires et enjeux méthodologiques	43
2. Analyse binaire des propriétaires du gisement foncier.....	44
3. Analyse détaillée des propriétaires moraux du gisement foncier	50
4. Analyse de la distribution des tailles de parcelles par type de propriétaire du gisement foncier	58
5. Analyse spatiale de la répartition géographique du gisement foncier par commune	62
6. Classification Ascendante Hiérarchique des communes du gisement foncier métropolitain.....	66
7. Perspectives d'ensemble sur la dynamiques d'urbanisation de la propriété foncière	76
III. Restitution interactive de résultats : webmapping.....	80
A. Contexte et enjeux de la visualisation géographique interactive.....	80

B.	Conception et architecture de la plateforme	81
C.	Fonctionnalités interactives et optimisation des performances	85
D.	Données intégrées et richesse informative	87
E.	Impact, perspectives et bilan critique	88
Conclusion.....		90
Bibliographie.....		93
Sitographie		95
Annexes		97

Glossaire

Artificialisation : Transformation d'un espace naturel, agricole ou forestier en terrain urbanisé ou aménagé pour des activités humaines. Dans ce mémoire, ce concept est central pour comprendre les dynamiques d'urbanisation et l'objectif ZAN.

Association Syndicale Libre (ASL) : Groupement de propriétaires fonciers gérant collectivement des espaces communs, notamment dans les zones pavillonnaires. Ces structures peuvent influencer les projets de densification urbaine.

BD TOPO : Base de Données Topographiques de l'IGN fournissant des informations géographiques de référence sur le territoire français.

Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) : Méthode statistique de regroupement permettant d'identifier des typologies territoriales homogènes.

Dent creuse : Parcelle non bâtie située au sein d'un tissu urbain déjà constitué, représentant un potentiel de densification urbaine sans extension périphérique.

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale. Structure administrative regroupant plusieurs communes pour exercer certaines compétences en commun.

Établissement Public Foncier (EPF) : Organisme public ayant pour mission d'acquérir et de porter du foncier pour faciliter la réalisation de projets d'aménagement.

Géoportail de l'Urbanisme (GPU) : Plateforme nationale centralisant les documents d'urbanisme numérisés, utilisée dans l'étude pour accéder aux zonages PLU.

GeoJSON : Format standard de données géographiques adapté au web, utilisé pour structurer et échanger les informations spatiales dans l'application de webmapping développée.

Gisement foncier : Ensemble des parcelles identifiées comme ayant un potentiel de développement urbain selon des critères objectifs. Concept central du mémoire pour analyser les opportunités d'urbanisation.

Groupement Foncier Agricole (GFA) : Société civile permettant la gestion collective de terres agricoles, mentionnée comme type de propriétaire moral important.

Leaflet.js : Bibliothèque JavaScript open-source utilisée pour créer des cartes interactives sur le web, base technique de la plateforme de webmapping développée.

MERI (Momepy Equivalent Rectangular Index) : Indice mathématique mesurant la similarité d'une forme avec un rectangle, utilisé dans l'étude pour détecter automatiquement les parcelles de voirie.

Modèle d'Occupation du Sol (MOS) : Cartographie détaillée de l'utilisation des sols classant le territoire en différentes catégories, datant de 2017 pour la métropole étudiée.

Modèle Numérique de Terrain (MNT) : Représentation numérique de l'altitude du sol permettant de calculer les pentes, utilisé pour identifier les parcelles constructibles.

Organismes de Foncier Solidaire (OFS) : Structures permettant de dissocier la propriété du sol de celle du bâti pour favoriser l'accès au logement abordable.

Personne morale : Entité juridique (entreprise, association, collectivité, établissement public) distincte des personnes physiques.

Personne morale non remarquable : Catégorie regroupant les entreprises, associations, SCI et groupements fonciers privés.

Personne physique : Individu humain, par opposition à une personne morale.

Plan Cadastral Informatisé (PCI) : Version numérique du cadastre français contenant les limites parcellaires et leurs identifiants, base de données fondamentale pour l'analyse foncière.

Plan Local d'Urbanisme (PLU) : Document réglementaire définissant les règles d'urbanisme à l'échelle communale, notamment le zonage.

Raster : Format de données géographiques représentant des informations sous forme de grille de pixels, souvent utilisé pour des images satellitaires ou des modèles numériques de terrain.

Ratio de Structure Foncière (RSF) : Indicateur calculé comme le rapport entre le nombre de personnes morales et de personnes physiques propriétaires par commune, révélant la concentration du pouvoir foncier.

Ratio Emploi-Ménages (REM) : Rapport entre la variation du nombre d'emplois et de ménages par hectare, mesurant l'équilibre territorial entre développement économique et résidentiel.

Référentiel National des Bâtiments (RNB) : Base de données nationale recensant les bâtiments français, utilisée pour identifier les parcelles non bâties.

RGE Alti : Référentiel à Grande Échelle Altimétrique de l'IGN fournissant des MNT à haute résolution.

Société Civile Immobilière (SCI) : Structure juridique permettant la détention et la gestion collective de biens immobiliers.

Surface Agricole Utile (SAU) : Surface totale des terres exploitées à des fins agricoles.

Vecteur : Format de données géographiques utilisant des points, lignes et polygones pour représenter des entités spatiales.

Webmapping : Technique de cartographie interactive sur internet permettant l'exploration dynamique de données géographiques, appliquée pour démocratiser l'accès aux informations foncières.

Zéro Artificialisation Nette (ZAN) : Objectif politique visant à stopper l'artificialisation des sols d'ici 2050 en compensant toute nouvelle artificialisation par une renaturation équivalente.

Zone AU : Zone à urbaniser dans le PLU, destinée à l'urbanisation future à court (AUs) ou long terme (AUc).

Zone U : Zone urbaine dans le PLU, déjà équipée et constructible, où s'appliquent les règles d'urbanisme permettant la construction.

Liste des abréviations

A : Agricole (zonage PLU)

ALUR : Accès au Logement et un Urbanisme Rénové

ASL : Association Syndicale Libre

AU : À Urbaniser (zonage PLU)

AUc : À Urbaniser constructible (zonage PLU)

AUs : À Urbaniser strict (zonage PLU)

BD TOPO : Base de Données Topographiques de l'IGN

CAH : Classification Ascendante Hiérarchique

CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique

EPCI : Établissement Public de Coopération Intercommunale

EPF : Établissement Public Foncier

ESRI : Environmental Systems Research Institute

GAEC : Groupement Agricole d'Exploitation en Commun

GFA : Groupement Foncier Agricole

GIF : Geodata Immobilier Foncier (Chaire GIF)

GPU : Géoportail de l'Urbanisme

HLM : Habitation à Loyer Modéré

ID : Identifiant

IGN : Institut National de l'Information Géographique et Forestière

MERI : Momepy Equivalent Rectangular Index

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MOS : Modèle d'Occupation du Sol

N : Naturel (zonage PLU)

OFS : Organismes de Foncier Solidaire

ONF : Office National des Forêts

OSM : Open Street Map

PCI : Plan Cadastral Informatisé

PLU : Plan Local d'Urbanisme

POS : Plan d'Occupation des Sols

QGIS : Quantum Geographic Information System

REM : Ratio Emploi-Ménages

RGE Alt : Référentiel à Grande Échelle Altimétrique

RNB : Référentiel National des Bâtiments

RSF : Ratio de Structure Foncière

SA : Société Anonyme

SARL : Société À Responsabilité Limitée

SAS : Société par Actions Simplifiée

SAU : Surface Agricole Utilisée

SCI : Société Civile Immobilière

SCoT : Schéma de Cohérence Territoriale

SEM : Société d'Économie Mixte

SIG : Système d'Information Géographique

SRU : Solidarité et Renouvellement Urbain

U : Urbain (zonage PLU)

UFR : Unité de Formation et de Recherche

UMR : Unité Mixte de Recherche

ZAN : Zéro Artificialisation Nette

Liste des figures

Figure 1 : Carte du zonage des plans locaux d'urbanisme de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence – Fabien RIVES 12/2024	14
Figure 2 : Workflow d'intégration multicouche des données cadastrales et urbanistiques par jointures spatiales et attributaires – Fabien RIVES 02/2025.....	25
Figure 3 : Essai de digitalisation des zones sur la commune de la Barben – Google Maps / Fabien RIVES 12/2024	27
Figure 4 : Exemple de parcelle à usage mixte, partiellement bâtie et partiellement en espace naturel – Fabien RIVES 12/2024	28
Figure 5 : Tableau synthétique des jointures – Fabien RIVES 02/2025	30
Figure 6 : Listes des critères inclusifs et exclusifs – Fabien RIVES 03/2025	30
Figure 7 : Processus de traitement pour l'identification du gisement foncier – Fabien RIVES 04/2025.....	31
Figure 8 : Dalles RGE Alti de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence – Fabien RIVES 02/2025	33
Figure 9 : Fusion des dalles en un seul MNT – Fabien RIVES 02/2025	33
Figure 10 : Raster binaire représentant la pente en dessous de 15% en blanc et au-dessus en noir – Fabien RIVES 02/2025	33
Figure 11 : Prise de vue d'un lotissement de la commune de « Le Tholonet » – Google Maps 03/2025.....	35
Figure 12 : Ajout de la couche parcellaire correspondant à la donnée en entrée du script – Fabien RIVES 03/2025	36
Figure 13 : Ajout de la couche vectorielle résultante du script – Fabien RIVES 03/2025	36
Figure 14 : Tableau représentant le nombre et la surface des parcelles exclues par critère – Fabien RIVES 04/2025	37
Figure 15 : Récapitulatif des pourcentages de surface et de parcelles non sélectionnées sur la base de critères indépendants les uns des autres – Fabien RIVES 04/2025.....	38
Figure 16 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des parcelles par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025	45
Figure 17 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des surfaces par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025	46
Figure 18 : Graphique en barres représentant la répartition des surfaces par type d'occupation des sols (niveau 1) et type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025.....	47

Figure 19 : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires par type d'occupation des sols (niveau 1) – Fabien RIVES 05/2025.....	48
Figure 20 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des parcelles du gisement foncier par type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025	50
Figure 21 : Diagramme en secteurs représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025	51
Figure 22 : Graphiques en barres représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type d'occupation des sols (niveau 1) et type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025.....	53
Figure 23 : Graphiques en barres représentant la proportion des types de propriétaires moraux par type d'occupation des sols (niveau 1) sur le gisement foncier – Fabien RIVES 05/2025 .	54
Figure 24 : Graphique en barres représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type d'occupation des sols (niveau 2) et type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025	56
Figure 25 : : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires moraux par type d'occupation des sols (niveau 2) sur le gisement foncier – Fabien RIVES 05/2025 .	56
Figure 26 : Illustration d'un diagramme en boîte (box-plot) des indicateurs statistiques clés – Fabien RIVES 04/2025	58
Figure 27 : Diagramme en boîte représentant la distribution des tailles de parcelles par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025	59
Figure 28 : Graphiques en barres représentant la surface totale par type de propriétaires dans les principales communes.....	62
Figure 29 : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires par commune	63
Figure 30 : Graphique de Silhouette pour l'évaluation des clusters avec $k = 2$ – Fabien RIVES 05/2025.....	70
Figure 31 : Dendrogramme de classification pour $k = 2$ – Fabien RIVES 05/2025	71
Figure 32 : Carte de répartition des cluster issus de la CAH – Fabien RIVES 05/2025.....	74
Figure 33 : Visualisation de l'interface en général	83
Figure 34 : Menu latéral du site	84
Figure 35 : Exemple de pop-up avec la couche communale.....	85

Résumé

Ce mémoire analyse l'impact des propriétaires fonciers et leurs profils sur l'urbanisation et l'étalement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. Cette recherche interroge le rôle sous-estimé des structures de propriété en zone urbaine face aux enjeux de maîtrise de l'artificialisation des sols et aux objectifs de Zéro Artificialisation Nette.

L'exploitation de données open source a permis d'identifier le gisement foncier potentiel et d'analyser sa structure de propriété. Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) révèle deux profils territoriaux distincts parmi les 88 communes étudiées.

Les résultats démontrent un équilibre remarquable du gisement foncier : les personnes physiques possèdent 50,5 % et les morales 49,5 %. Les entreprises et les associations dominent largement ces dernières avec 57,3 % des surfaces, les communes suivent avec 18,2 % et l'État possède 15,5 %. Cette configuration révèle que toute politique foncière doit composer nécessairement avec des acteurs multiples aux logiques différenciées.

L'analyse spatiale met en évidence des disparités territoriales fortes, le potentiel foncier se concentre dans certaines communes stratégiques, notamment les zones industrialo-portuaires et les pôles urbains majeurs.

Une plateforme de webmapping interactive développée démocratise l'accès à ces informations complexes.

Cette recherche souligne la nécessité d'adapter les politiques foncières aux spécificités territoriales et aux propriétaires, elle propose une grille de lecture opérationnelle pour aménager l'espace métropolitain de manière plus maîtrisée et durable.

Introduction

Les zones urbaines s'étendent constamment sur les territoires agricoles et naturels. Cette progression constitue un enjeu majeur des politiques d'aménagement. L'étalement urbain interroge notre capacité à concevoir un développement soutenable. Il remet en question l'équilibre face aux défis environnementaux et sociaux. Le foncier émerge alors comme un levier central pour comprendre et agir.

Les dynamiques d'urbanisation s'analysent habituellement par les documents d'urbanisme. Les stratégies de planification et les logiques de marché dominent ces analyses. Pourtant, les propriétaires fonciers jouent un rôle décisif. Ces acteurs restent discrets mais leur influence demeure sous-explorée dans la littérature scientifique.

Notre travail examine les liens entre propriétaires fonciers et urbanisation. Le terrain d'étude se concentre sur la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. Ce territoire rassemble 92 communes : 90 situées dans les Bouches-du-Rhône, une dans le Var et une dans le Vaucluse. L'ensemble s'étend sur plus de 3 100 km². Cette métropole présente une croissance urbaine ancienne et diffuse. Elle concentre de fortes pressions foncières et des enjeux de mixité sociale. Une grande diversité d'acteurs publics et privés y coexiste.

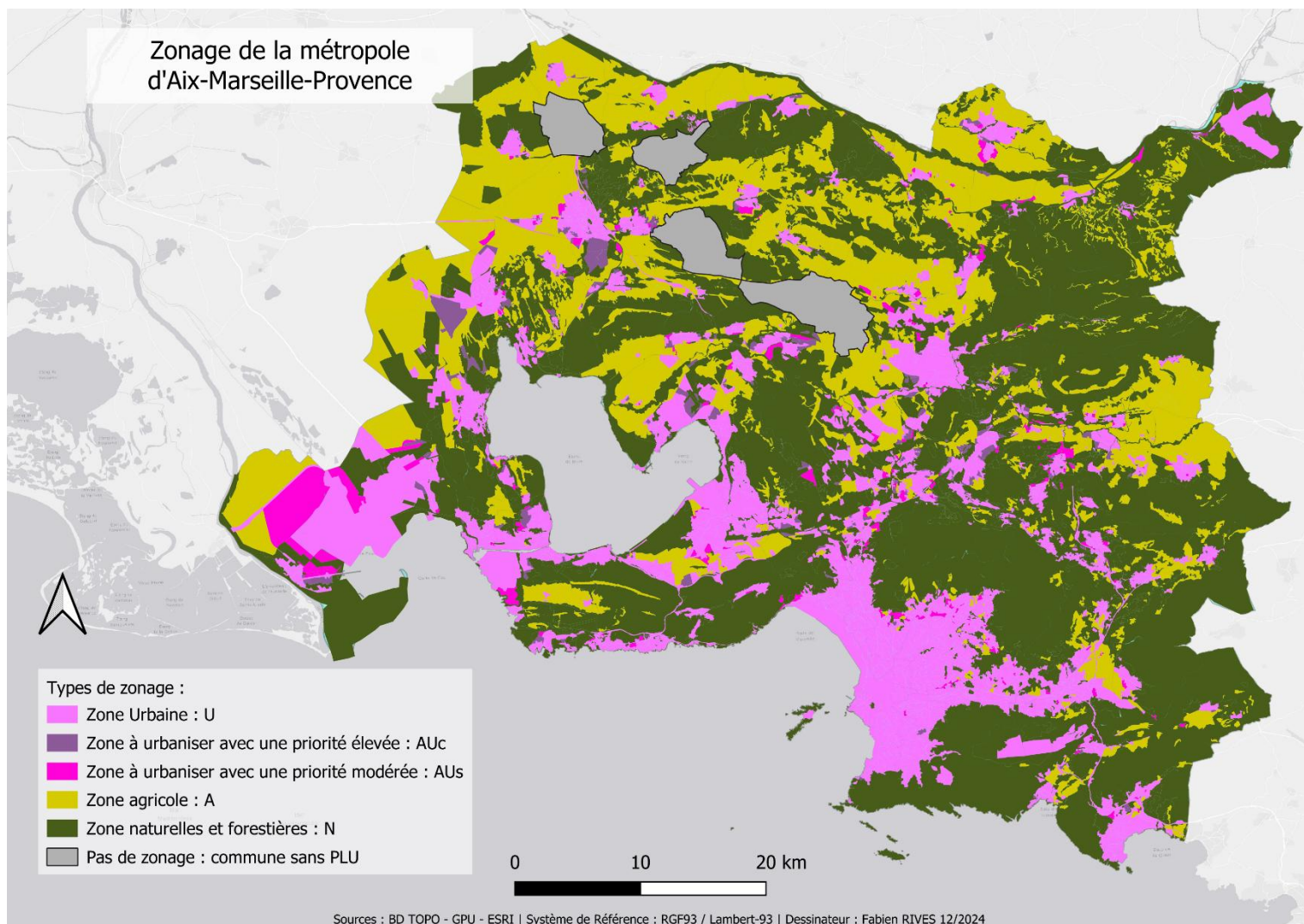


Figure 1 : Carte du zonage des plans locaux d'urbanisme de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence – Fabien RIVES 12/2024

La propriété foncière constitue un droit fondamental que le Code Civil inscrit dans son article 544. Elle confère à son détenteur la possibilité de jouir et disposer d'un bien de manière quasi absolue. Cette liberté génère une puissance d'action sur l'espace : le propriétaire peut vendre, conserver, construire ou ne rien faire. Ces choix individuels, assemblés ensemble, façonnent les zones urbaines et conditionnent la forme urbaine, sa fragmentation, sa compacité, sa capacité à répondre aux objectifs de développement durable.

La difficulté provient de l'extrême diversité des profils de propriétaires : particuliers héritiers parfois d'un patrimoine foncier ancien, collectivités, entreprises, sociétés foncières ou

associations. Chacun mobilise des logiques spécifiques, ancrées dans des temporalités, objectifs et contraintes propres. Les personnes morales se distinguent par la taille des emprises qu'elles détiennent et leur influence déterminante dans la structuration des espaces urbains, bien qu'elles soient minoritaires en nombre. Elles bénéficient généralement d'une maîtrise technique et financière supérieure de leurs actifs fonciers.

Cette recherche présente un intérêt double : dépasser une approche purement réglementaire de l'urbanisation pour réintroduire le rôle des acteurs propriétaires, et améliorer la gouvernance foncière locale en identifiant les leviers d'action et les freins liés aux structures de propriété existantes. Si l'objectif consiste à contenir l'étalement urbain, favoriser la densification et atteindre les objectifs de Zéro Artificialisation Nette (ZAN), connaître les propriétaires devient indispensable, comprendre leurs logiques aussi, réfléchir aux moyens de les associer aux politiques publiques d'aménagement également.

Nous établirons dans un premier temps le cadre conceptuel et contextuel en analysant la propriété foncière comme levier fondamental des dynamiques territoriales, la typologie des propriétaires et leur influence sur l'urbanisation, ainsi que les politiques publiques face aux logiques de propriété.

La seconde partie se concentrera sur l'étude de cas de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. Nous exposerons notre méthodologie de collecte et d'analyse des données, puis présenterons notre système d'observation des parcelles constructibles et de leurs propriétaires via un Système d'Information Géographique (SIG). L'analyse des liens entre propriétaires et développement urbain constituera le cœur de ce travail, révélant la répartition du pouvoir foncier et les stratégies d'occupation des sols. Une cartographie web interactive permettra une restitution spatiale de ces dynamiques.

Cette approche méthodologique combine analyse spatiale et étude des acteurs, mobilise des outils statistiques et géomatiques pour traiter des millions d'enregistrements. Elle vise à contribuer à une meilleure compréhension des jeux d'acteurs fonciers, souvent absente des analyses territoriales classiques, et à fournir des éléments d'aide à la décision pour un aménagement plus stratégique et durable.

En posant cette question : « Comment les différents profils de propriétaires fonciers influencent-ils les dynamiques d'urbanisation et d'étalement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence ? », ce mémoire propose une interprétation nouvelle des relations entre foncier et urbanisation au service d'un développement territorial plus maîtrisé.

I. Cadre et enjeux de la propriété foncière et de l'urbanisation

A. La propriété foncière

Selon l'article 544 du Code Civil, « La propriété est le droit de jouir et disposer des choses de la manière la plus absolue, pourvu qu'on n'en fasse pas un usage prohibé par les lois ou par les règlements ». Cet article a été promulgué dans la Loi 1804-01-27 le 6 février 1804 et fait foi depuis. Ce principe de portée générale s'incarne dans des configurations réglementaires différenciées. Le propos de ce mémoire traite l'impact des profils de propriétaires fonciers sur l'urbanisation et l'étalement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. En premier lieu il faut définir le « foncier », terme clé pour ce travail. D'après le dictionnaire Larousse, l'adjectif foncier est défini comme suit : « relatif à un fonds de terre, à sa propriété, à son exploitation et à son imposition ». Nous pouvons donc dire, ici, que la propriété foncière est avant tout l'emprise spatiale qui peut ou pas, comprendre un bâti comme des biens immobiliers c'est-à-dire des biens immobiles, non déplaçables. Cela implique des engagements en matière de réglementation, d'entretien et de planification urbaine, tout en offrant une stabilité et une valeur potentiellement croissante dans le temps.

De plus, la propriété foncière est un concept complexe et multiforme, influencée par des facteurs historiques, économiques et sociaux. Elle ne se définit pas de la même manière selon les régions du monde, reflétant des différences culturelles, légales et contextuelles. Les propriétaires fonciers jouent un rôle clé dans les dynamiques d'urbanisation et d'étalement urbain, et leurs décisions ont des implications importantes pour la gestion des espaces urbains et périurbains. Les politiques publiques et les cadres réglementaires doivent être adaptés pour promouvoir un développement urbain durable et équitable, en tenant compte des différents profils de propriétaires, de leurs impacts sur l'urbanisation, et des spécificités régionales qui façonnent la notion même de propriété foncière.

B. Les acteurs de la propriété foncière et leur influence sur les dynamiques urbaines

1. Typologie et répartition des propriétaires fonciers : une structure dominée par les personnes physiques

La structure de propriété foncière en France présente une répartition inégale entre différents types d'acteurs, avec une nette prédominance des personnes physiques. Les travaux récents convergent sur ce constat tout en apportant des éclairages complémentaires sur la diversité des profils de propriétaires. Casanova Enault, Bocquet et Boulay (2023) établissent que les personnes physiques représentent plus de 75 % des propriétaires fonciers, constituant ainsi une multitude d'acteurs détenant une part majoritaire du patrimoine foncier et immobilier français. Cette prédominance est confirmée par l'étude de Sovran (2023), qui précise que la propriété privée représente 85 % de la Surface Agricole Utile (SAU) française, soit 22 millions d'hectares détenus par près de 4,2 millions d'individus.

Toutefois, cette apparente homogénéité cache d'importantes disparités socio-démographiques. Sovran (2023) dévoile que les propriétaires sont majoritairement des hommes, les femmes ne possédant qu'un tiers de la SAU, et que la moitié de la SAU française est détenue par des personnes de plus de 65 ans. Cette concentration générationnelle pose des questions cruciales sur les dynamiques de transmission et d'évolution de la propriété foncière.

Concernant les propriétaires moraux, bien que minoritaires en nombre, leur importance ne doit pas être sous-estimée. Roux et Jousseau (2014) révèlent qu'en Loire-Atlantique, ils représentent seulement 6 % des propriétaires mais possèdent près de 20 % de la superficie du département. Les communes se distinguent comme les principaux propriétaires moraux, suivies par les Groupements Fonciers Agricoles (GFA) et les Sociétés Civiles Immobilières (SCI). Ce constat est complété par Coline Sovran (2023) qui estime que les terres publiques représentent 5 % de la SAU française, et que les sociétés agricoles en possèdent 7,5 %.

La répartition des types de propriétés varie également selon des logiques économiques et territoriales. Casanova Enault, Bocquet et Boulay (2023) soulignent que les investisseurs privés, bien que possédant une part plus faible, détiennent généralement les biens les plus valorisés, tandis que les bailleurs sociaux possèdent les patrimoines les moins valorisés. Par ailleurs, la variabilité spatiale de la structure de propriété semble davantage marquée par des

effets régionaux que par la hiérarchie urbaine, étant influencée par des héritages historiques, l'attractivité régionale et le passé industriel des territoires.

2. L'influence déterminante des propriétaires sur les dynamiques d'urbanisation

La littérature scientifique démontre clairement que les structures de propriété foncière conditionnent fortement les processus d'urbanisation et d'étalement urbain. Casanova Enault, Bocquet et Boulay (2023) mettent en évidence que les décisions des propriétaires individuels, qui constituent la majorité des détenteurs de terrains, ont un impact direct sur la densification et l'artificialisation des sols. Cette influence s'exerce à travers des stratégies de rétention, de valorisation ou de cession des terrains qui orientent significativement le développement spatial des agglomérations.

Le domaine public, traditionnellement considéré comme un patrimoine préservé, joue également un rôle parfois méconnu dans l'urbanisation. L'étude de Lecourt, Casanova Enault et Josselin (2023) révèle que malgré son statut théoriquement inaliénable et imprescriptible, le domaine public fait l'objet de nombreuses transformations et constitue une "réserve d'urbanisation invisible". Cette recherche met en lumière une dimension souvent négligée de la privatisation du patrimoine public et de son impact sur la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers.

L'analyse des dynamiques territoriales spécifiques permet d'affiner cette compréhension. L'étude de Daligaux (2001) sur la périurbanisation dans le Var et les Bouches-du-Rhône démontre comment les politiques de développement communal et les zonages maximalistes des Plan d'Occupation des Sols (POS) ont favorisé une extension rapide et désordonnée des secteurs constructibles, sous l'influence des pressions foncières exercées par les propriétaires. Ce phénomène s'est toutefois ralenti dans les années 1990 avec l'émergence de préoccupations environnementales conduisant à une extension des périmètres protégés.

Ces dynamiques foncières s'inscrivent dans des contextes de gouvernance territoriale complexes, comme l'illustre le cas de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence étudié par Douay (2013). La création de cette métropole révèle les tensions entre les intérêts des propriétaires fonciers et les ambitions de planification territoriale coordonnée. La réussite de tels projets métropolitains dépend largement de la capacité des élus à développer des politiques foncières

cohérentes face aux stratégies individuelles des propriétaires, dans un contexte marqué par de fortes identités locales.

3. Les politiques publiques face aux logiques de propriété : choisir entre régulation et adaptation

Les politiques publiques entretiennent une relation dynamique avec les structures de propriétés foncières, cherchant tantôt à les influencer, tantôt à s'adapter à leurs contraintes. Comby (2015) démontre que les politiques publiques jouent un rôle crucial dans la formation de la valeur foncière, influençant les droits des propriétaires, les usages des terrains et les dynamiques de marché. Cette influence s'exerce de façon différenciée selon les types de marchés fonciers : les politiques douanières et de labellisation territoriale impactent significativement le marché foncier agricole, tandis que les politiques de préservation de l'environnement influencent le marché de l'espace naturel improductif.

L'articulation entre propriétés publiques et orientations d'aménagement révèle cependant certaines contradictions. L'étude de Perrin (2017) sur la mobilisation de la propriété publique en faveur de l'agriculture périurbaine montre que malgré une emprise spatiale considérable, moins de la moitié des surfaces publiques présente un intérêt pour l'agriculture en raison de leur morcellement, de la nature des terrains ou des perspectives d'urbanisation. Cette recherche souligne que l'agriculture demeure marginale dans les stratégies foncières des acteurs publics, principalement tournées vers la préservation de l'environnement et l'aménagement urbain ou la création d'infrastructures.

Les politiques d'urbanisme tentent d'encadrer les dynamiques foncières, avec des résultats contrastés. L'analyse de Daligaux (2001) sur les départements du Var et des Bouches-du-Rhône montre comment les réactions pro-environnementales des années 1990 ont conduit à une extension des périmètres protégés et à un ralentissement de la croissance urbaine. Néanmoins, l'efficacité de ces politiques reste limitée face aux stratégies d'anticipation des propriétaires et aux pressions économiques, particulièrement dans les zones touristiques ou à forte attractivité résidentielle.

La littérature révèle un manque significatif d'études approfondies sur l'efficacité réelle des instruments réglementaires face aux logiques de propriété, notamment dans des contextes de forte pression foncière comme celui de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. Les travaux

existants tendent à se concentrer sur les aspects institutionnels (Douay, 2013) sans suffisamment analyser les mécanismes concrets par lesquels les propriétaires s'adaptent, contournent ou influencent les cadres réglementaires.

L'analyse de la littérature scientifique sur la propriété foncière et les dynamiques urbaines révèle trois dimensions essentielles de cette relation complexe : la structure diversifiée mais majoritairement privée et individuelle de la propriété foncière, l'influence déterminante des propriétaires sur les processus d'urbanisation, et les interactions ambivalentes entre politiques publiques et logiques de propriété.

Si la typologie et la répartition des propriétaires sont désormais bien documentées, les mécanismes précis par lesquels ces acteurs influencent concrètement les dynamiques d'urbanisation dans des contextes métropolitains spécifiques comme celui d'Aix-Marseille-Provence restent à approfondir. En particulier, l'articulation entre les stratégies individuelles des propriétaires privés, qui constituent la majorité des détenteurs de foncier, et les ambitions de planification coordonnée à l'échelle métropolitaine méritent une investigation plus poussée. De même, l'efficacité réelle des instruments de régulation foncière face aux logiques de valorisation patrimoniale demeure insuffisamment étudiée.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre recherche, visant à analyser plus finement les comportements des propriétaires fonciers face aux politiques d'urbanisation dans le contexte spécifique de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, afin de contribuer à une meilleure compréhension des leviers d'action disponibles pour un développement urbain plus maîtrisé et durable.

C. Politique et cadre juridique de l'urbanisation

Le cadre réglementaire joue un rôle crucial dans la gestion de l'urbanisation et de l'étalement urbain. Des lois régissent la propriété foncière. Tout d'abord, le Code Civil fixe les principes fondamentaux régissant la propriété foncière, incluant les droits et obligations des propriétaires, ainsi que les modalités d'acquisition, de transfert et d'usage des terrains. De plus, le Code de l'Urbanisme joue un rôle non négligeable voire important dans la détermination de la constructibilité des parcelles.

Le Code Civil français consacre la propriété comme droit fondamental. La Loi Lagleize de 2019 a rendu l'accès à la propriété plus facile en plafonnant le prix du foncier. Cette mesure favorise l'investissement locatif. Les exigences de la Loi SRU, publiée le 13 décembre 2000, ont ainsi trouvé un nouveau cadre d'application. Lutter contre la ségrégation spatiale constitue l'objectif principal de cette législation. Elle vise également à établir un meilleur équilibre social dans les zones urbaines, où les disparités territoriales se creusent souvent. En 2014, le législateur a décidé d'intensifier les efforts. La Loi Duflot, aussi appelée Loi ALUR (Accès au Logement et un Urbanisme Renové), a modifié l'article 55 de la Loi SRU (Solidarité et Renouvellement Urbain). Le quota de logements sociaux est passé de 20 % à 25 %. Cette augmentation ne concerne pas toutes les communes. Seules celles situées dans des agglomérations ou intercommunalités à forte tension locative sont concernées. Cette évolution témoigne d'une volonté politique claire : renforcer la mixité sociale là où les besoins en logements accessibles se font particulièrement sentir.

L'objectif du Zéro Artificialisation Nette (ZAN) d'ici 2050 est un exemple de politique publique visant à limiter la consommation d'espaces naturels. Delattre, dans son article de 2022, analyse la régulation de l'étalement urbain par les services de l'État français, montrant que la volonté de l'État de favoriser la densification s'est affirmée progressivement entre 2010 et 2020. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) et les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) sont des outils clés pour fixer les règles de densité et limiter la consommation d'espace. Cependant, les documents d'urbanisme locaux offrent d'importantes marges de manœuvre qui permettent le maintien d'une urbanisation étalée.

L'article de 2015 écrit par Comby montre que les politiques publiques jouent un rôle crucial dans la formation de la valeur foncière, influençant les droits des propriétaires, les usages des terrains et les dynamiques de marché. Les politiques douanières et les politiques de labellisation

territoriale ont un impact significatif sur le marché foncier agricole, tandis que les politiques de préservation de l'environnement influencent le marché de l'espace naturel improductif.

II. Construction d'un système d'observation des parcelles constructibles et de leurs propriétaires au sein de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence

A. Collecte et analyse des données

La collecte et l'analyse des données sont des étapes cruciales pour comprendre les dynamiques urbaines et les opportunités de développement. Les données utilisées pour cette étude sont disponibles en open data et ont été soigneusement sélectionnées pour leur pertinence et leur complémentarité. Voici une présentation détaillée de chaque source de données, ainsi que les raisons de leur choix et leurs limites potentielles.

La couche des communes (BD TOPO) d'octobre 2024 fournit des informations essentielles sur les limites administratives des communes françaises. Cette donnée est fondamentale pour l'analyse spatiale et la cartographie de la zone d'étude. Elle permet de contextualiser les autres données géographiques et de comprendre les dynamiques territoriales. Cependant, les données peuvent ne pas être à jour en temps réel, ce qui peut poser des défis pour les analyses nécessitant des informations très récentes. (Source : <https://geoservices.ign.fr/bdtopo>)

Le Référentiel National des Bâtiments (RNB) de novembre 2024 offre une vue d'ensemble des bâtiments en France, incluant leur localisation, leur usage et leurs caractéristiques physiques. Ces informations sont cruciales pour analyser l'occupation du sol et les dynamiques urbaines. Elles permettent de comprendre comment les bâtiments sont utilisés et comment ils évoluent dans le temps. Toutefois, la précision des données peut varier, et certaines informations peuvent être incomplètes ou obsolètes. (Source : <https://rnb.beta.gouv.fr>)

Le zonage du Géoportail de l'Urbanisme (GPU) de novembre 2024 fournit des informations sur les règles d'urbanisme applicables dans différentes zones, telles que les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU). Ces données sont essentielles pour comprendre les contraintes et les opportunités de développement urbain. Elles permettent d'identifier les zones où le

développement est possible et celles où il est restreint. Cependant, les données peuvent ne pas refléter les changements récents dans les règles d'urbanisme, ce qui peut affecter la précision de l'analyse. (Source : Connexion à un serveur public de l'IGN avec FileZilla.)

Le Modèle d'Occupation du Sol (MOS) de 2017 de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence fournit une cartographie détaillée de l'utilisation des sols, incluant les zones urbaines, agricoles, naturelles et industrielles. Ces données sont utiles pour analyser les dynamiques d'urbanisation et les changements d'usage des sols. Elles permettent de comprendre comment les différentes utilisations du sol interagissent et évoluent. Néanmoins, les données datent de 2017 et peuvent ne pas refléter les changements récents dans l'utilisation des sols. (Source : <https://data.ampmetropole.fr/explore/dataset/ls-modele-doccupation-du-sol-2017>)

Le fichier des propriétaires des parcelles des personnes morales de 2023 contient des informations sur les parcelles détenues par des personnes morales, telles que les entreprises et les institutions publiques. Ces données sont importantes pour comprendre la répartition de la propriété foncière et son impact sur le développement urbain. Elles permettent d'identifier les principaux acteurs fonciers et d'analyser leur influence sur le marché immobilier. Cependant, les données peuvent ne pas inclure toutes les transactions récentes, ce qui peut limiter la précision de l'analyse. (Source : <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/fichiers-des-locaux-et-des-parcelles-des-personnes-morales>)

Pour analyser ces données, nous avons utilisé divers outils et logiciels, notamment, QGIS, employé pour l'analyse spatiale et la cartographie, permettant de visualiser les données géographiques et d'identifier des tendances spatiales. RStudio est utilisé pour les analyses, offrant des outils puissants pour l'analyse des données quantitatives. Enfin, Python est aussi utilisé pour le traitement et l'analyse des données, grâce à ses bibliothèques robustes pour la manipulation et l'analyse des données.

Notre travail apporte une nouvelle perspective en intégrant ces différentes sources de données pour fournir une analyse complète et détaillée des parcelles constructibles et de leurs propriétaires. En combinant des données géographiques, urbanistiques et foncières, nous pouvons identifier des tendances et des opportunités qui n'auraient pas été évidentes avec une seule source de données. Cette approche intégrée permet de mieux comprendre les dynamiques complexes du développement urbain et d'informer des décisions politiques et stratégiques.

Le travail est organisé dans des dossiers avec une arborescence claire pour faciliter l'accès et la gestion des fichiers. Chaque dossier est nommé de manière explicite pour refléter son contenu (par exemple "DONNEES", "ANALYSES", "CARTES").

Des sauvegardes ont été faites très souvent pour éviter tout risque de perte de travail.

B. Traitement et exploitation des données pour la zone d'étude de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence

1. Système d'information géographique (SIG) : cartographie et analyse de la propriété foncière

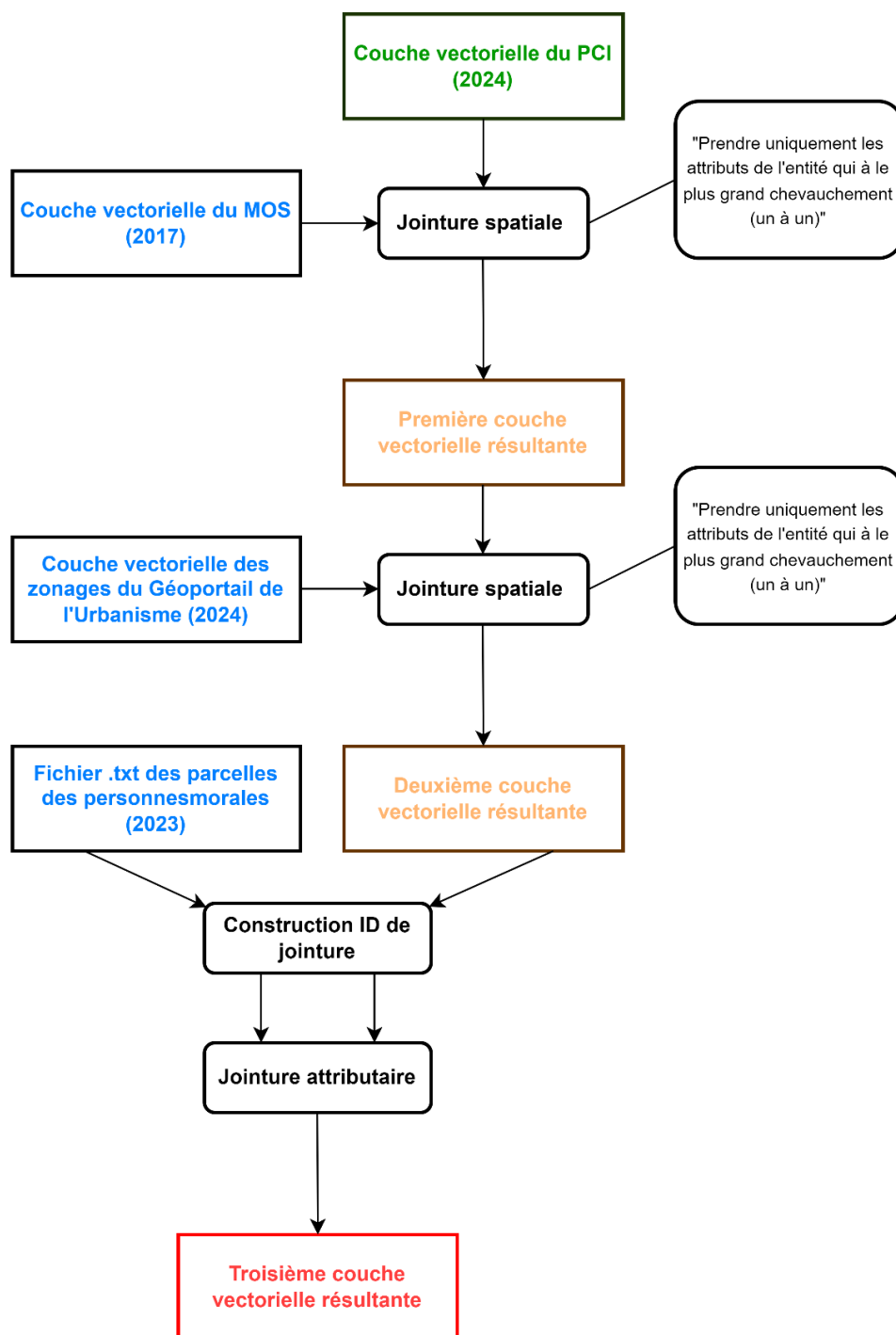


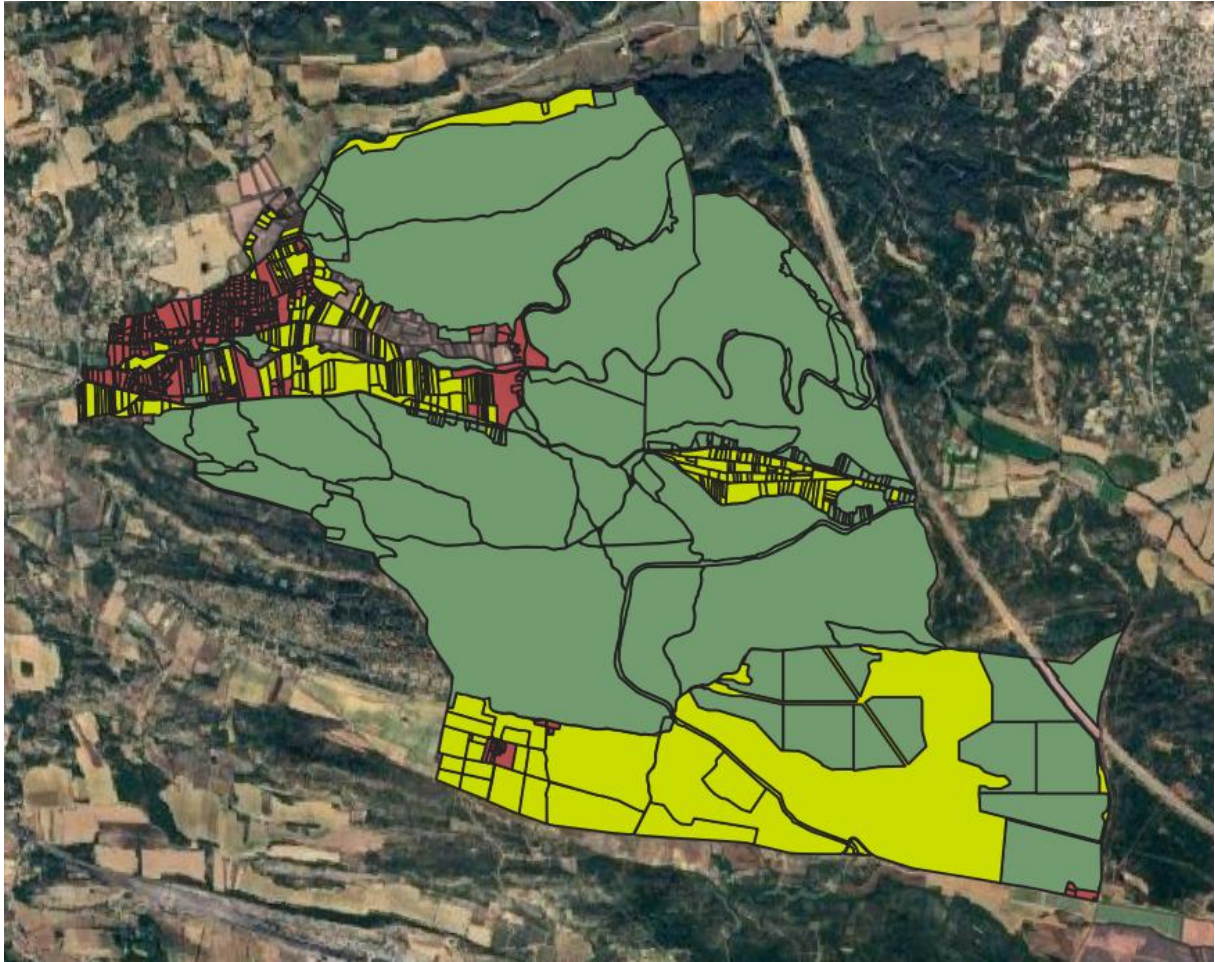
Figure 2 : Workflow d'intégration multicouche des données cadastrales et urbanistiques par jointures spatiales et attributaires – Fabien RIVES 02/2025

Afin de pouvoir utiliser les données, nous les avons jointes de manière à disposer pour chaque parcelle de ses informations cadastrales, de son type de zonages du PLU (U, AU, A, et N) et du zonage issu du MOS. De plus nous avons aussi joint les informations du fichier des parcelles appartenant aux personnes morales.

Dans le but d'unir ses informations pour chaque parcelle, nous avons utilisé QGIS avec sa fonctionnalité de jointure spatiale et attributaire en fonction des données.

Pour associer à chaque parcelle son type d'occupation du sol, une jointure spatiale a été réalisée entre la couche du Plan Cadastral Informatisé (PCI) et le Modèle d'Occupation du Sol (MOS), tous deux au format vectoriel. Dans le cas où une parcelle chevauche plusieurs zones du MOS, le zonage occupant la plus grande surface a été retenu. Techniquement, cela correspond dans QGIS à une jointure spatiale paramétrée comme « Prendre uniquement les attributs de l'entité qui a le plus grand chevauchement (un à un) ». Cette opération, particulièrement exigeante en ressources, n'a abouti qu'à la quatrième tentative après plus de 78 heures de traitement, en raison du volume considérable de données : 775 700 parcelles réparties sur plus de 3 millions d'hectares pour la Métropole d'Aix-Marseille-Provence.

Étant donné l'absence de PLU dans quatre communes (Lamanon, Vernègues, La Barben et Éguilles), certaines données essentielles ont fait défaut. Le Géoportail de l'Urbanisme, reposant exclusivement sur les PLU, ne pouvait fournir les informations recherchées. L'identification des parcelles constructibles a donc été envisagée à partir du concept de « parties actuellement urbanisées ». Cette tentative s'est rapidement heurtée à des obstacles majeurs, en raison de la complexité des terrains. Sur la commune de La Barben, une digitalisation manuelle, parcelle par parcelle, a été expérimentée.



*Figure 3 : Essai de digitalisation des zones sur la commune de la Barben – Google Maps /
Fabien RIVES 12/2024*

Les résultats ont mis en évidence l'inefficacité de cette méthode face à la réalité du terrain.

De nombreuses parcelles présentaient un caractère hybride, mi-bâti mi-naturel, échappant à toute catégorisation simple. Les images satellite témoignent de cette complexité territoriale. Des zones d'habitat diffus s'entremêlent avec des espaces boisés. Des constructions isolées émergent au milieu de végétation dense. Cette configuration rend impossible toute démarcation nette entre zones urbanisées et naturelles.



Figure 4 : Exemple de parcelle à usage mixte, partiellement bâtie et partiellement en espace naturel – Fabien RIVES 12/2024

Digitaliser ces espaces aurait nécessité de découper arbitrairement les parcelles existantes.

Une telle approche aurait compromis l'intégrité cadastrale de notre étude et introduit des biais méthodologiques importants. Le mitage caractéristique de ces territoires périurbains complique considérablement l'analyse. Des bâtisses anciennes côtoient des friches agricoles et des zones forestières, créant une mosaïque territoriale difficile à décoder. Cette digitalisation soulève également des questions juridiques épineuses. Comment interpréter concrètement la notion de « parties actuellement urbanisées » sans document d'urbanisme de référence ? La jurisprudence administrative reste floue et laisse place à de multiples interprétations. Chaque parcelle aurait exigé une étude approfondie. Il aurait fallu considérer non seulement l'occupation du sol, mais aussi les servitudes d'utilité publique et les contraintes environnementales. Face à ces obstacles,

nous avons dû abandonner cette approche. Le risque était grand de produire des données approximatives qui auraient affaiblies la crédibilité de notre étude comparative.

Comme les quatre communes (Lamanon, Vernègues, La Barben et Éguilles) ne disposent pas de zonage défini, elles seront automatiquement exclues des analyses portant sur le zonage. Les données de zonage pour ces communes seront donc considérées comme nulles. Ces difficultés illustrent parfaitement les défis méthodologiques inhérents à l'étude de territoires dépourvus de documents d'urbanisme précis. Elles soulignent également l'importance cruciale des PLU dans la gestion cohérente du territoire.

La seconde jointure, est aussi une jointure spatiale, cette fois-ci entre la couche résultante de la première jointure et la couche vectorielle du zonage des PLU de la métropole. Cette jointure spatiale a aussi été faite avec le paramètre « Prendre uniquement les attributs de l'entité qui a le plus grand chevauchement (un à un) » pour la même raison que précédemment. Effectivement si une parcelle superpose deux types de zonages du PLU, elle prendra la valeur du zonage de la plus grande superficie. Étant donné que quatre communes ne possèdent pas de PLU, la jointure n'a pas pu être faite pour celles-ci, cela explique les 14 349 entités non jointes.

La troisième, et dernière jointure, est quant à elle une jointure attributaire. Pour la faire, un identifiant unique a été attribué à chaque parcelle, pour pouvoir y joindre le fichier propriétaire des parcelles des personnes morales. Cet identifiant a été fait comme suit :

$$\text{ID_JOINTURE} = \text{CODE_DEPARTEMENT} + \text{CODE_COMMUNE} + \text{SECTION_CADASTRALE} + \text{NUMERO_CADASTRALE}$$

De plus le code du département agrégé au code de la commune forme le code INSEE, donc :

$$\text{ID_JOINTURE} = \text{CODE_INSEE} + \text{SECTION_CADASTRALE} + \text{NUMERO_CADASTRALE}$$

Voici un exemple pour une parcelle sur la commune de Rognac :

$$\text{ID_JOINTURE} = 13081\text{BC}0108$$

Après avoir ajouté cet identifiant dans la couche issue des deux dernières jointures spatiales et dans le « fichier des parcelles des personnes morales », il est possible de réaliser la jointure attributaire avec comme attribut commun, ce nouvel identifiant. Sur les 775 700 parcelles de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence on obtient l'information que 217 120 parcelles, soit 28.6% du total, appartiennent à des personnes morales.

Couche résultante	Première couche en entrée	Seconde couche en entrée	Type de jointure	Durée du traitement	Entités avant	Entités jointes	Entités non jointes (couche 2)
A	PCI	MOS	Spatiale (un à un)	78h 31min	775 700	775 700	0
B	A	Zonage PLU	Spatiale (un à un)	1h 07min	775 700	775 700	14 349
C	B	Fichiers parcelles personnes morales	Attributaire	Négligeable	775 700	775 700	0

Figure 5 : Tableau synthétique des jointures – Fabien RIVES 02/2025

Afin de trouver les endroits où il y a un possible gisement foncier, nous avons décidé de mettre en place plusieurs critères pour qu'une parcelle soit définie comme gisement foncier.

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
<ul style="list-style-type: none"> • Zone U ou AU • Largeur > 5m • Surface > 50m² • Pente < 15% 	<ul style="list-style-type: none"> • Intersection avec des routes • Intersection avec des voies ferrées • Voirie cadastrée (MERI) • Parcelles bâties • Comprend des cimetières • Comprend des terrains de sports • Comprend des aérodomes

Figure 6 : Listes des critères inclusifs et exclusifs – Fabien RIVES 03/2025

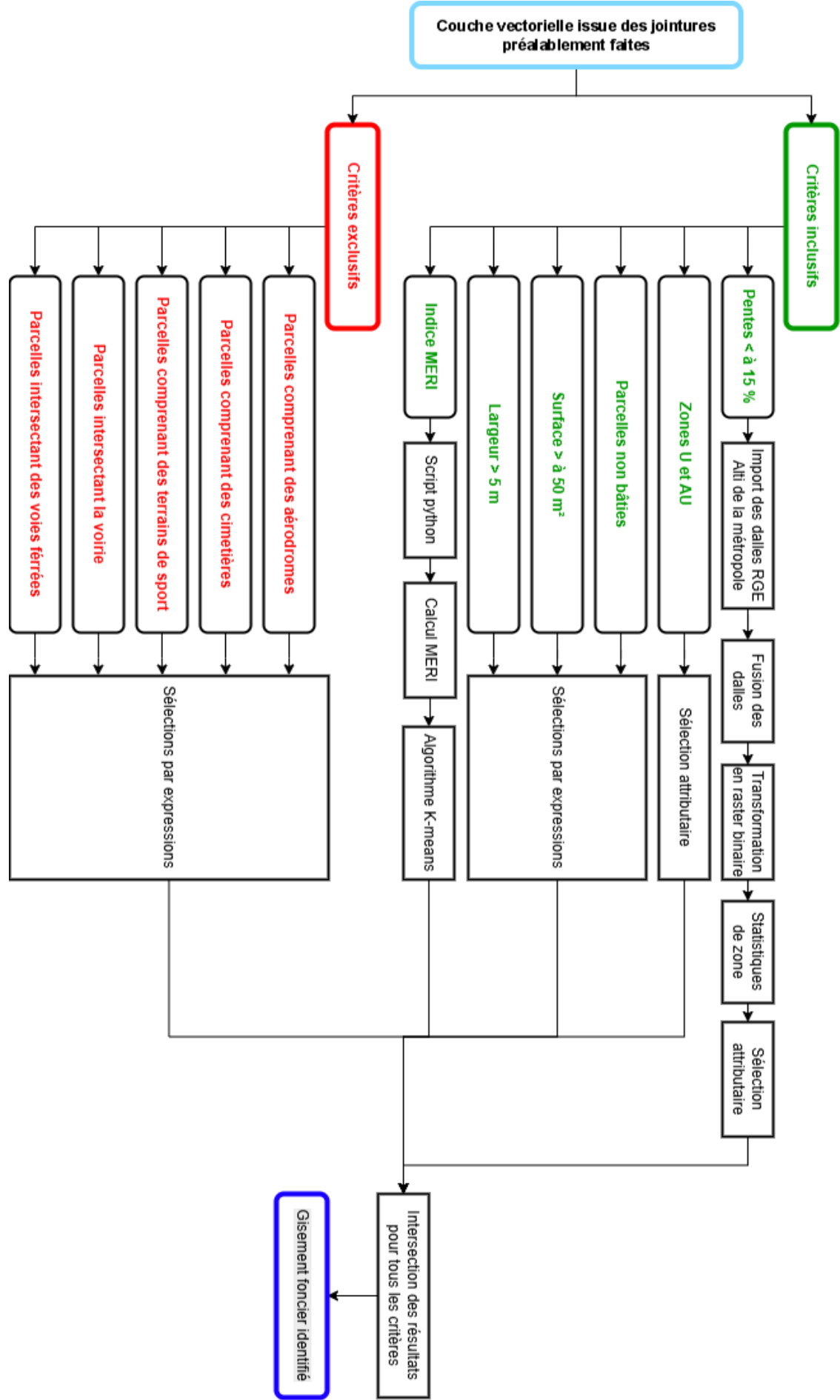


Figure 7 : Processus de traitement pour l'identification du gisement foncier – Fabien RIVES
04/2025

Ces critères d'identification des parcelles ayant un éventuel potentiel constructible sont mis en place pour la recherche du gisement foncier.

Le premier critère choisi pour identifier ces parcelles est le zonage U ou AU des PLU. Ce critère est mis en place afin qu'elles soient éligibles à la construction résidentielle ou commerciale, conformément aux règlements d'urbanisme locaux.

Pour ce faire, une sélection attributaire a été conçue de la sorte : « *"typezone" in ('U','AUs','AUc')* »

Cette expression a permis de récupérer, dans le champ « *"typezone"* » de la couche parcellaire, les entités qui font partie des zones U, AUs et AUc du PLU.

Afin de pouvoir construire sur une parcelle, la largeur et la surface doivent être suffisamment grandes avec une pente raisonnable. Ici nous avons convenu une largeur minimale de 5 m, avec une surface minimale de 50 m² et une pente inférieure à 15 %.

Pour le critère de largeur, une sélection par expression est nécessaire avec : « *bounds_width(\$geometry) > 5* », vérifiant si la largeur de la boîte englobante de la parcelle est supérieure à 5 m ; si c'est le cas, la parcelle est forcément plus large que 5 m.

En ce qui concerne la surface minimale de 50 m², une nouvelle sélection par expression est réalisée avec cette fois la syntaxe : « *\$area >= 50* », montrant si la surface de la géométrie est supérieure ou égale à 50 m.

Il faut également que la parcelle ait une pente inférieure à 15 %. Pour obtenir les parcelles qui remplissent cette condition il faut dans un premier temps récupérer le Modèle Numérique de Terrain ou MNT pour pouvoir calculer les pentes. Pour cela, l'utilisation du RGE Alti avec une résolution à 1 m est utilisée. Cette donnée est faite avec des dalles de 1 km², il faut donc dans un premier temps sélectionner les dalles correspondantes à la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. Pour faire cette sélection, un code Python a été réalisé dans ce but (*Annexe 1*).

Après son exécution dans un projet QGIS, nous avons obtenu 3 824 dalles de RGE Alti.

De plus, la fusion de toutes ces dalles de MNT en un seul et même raster est nécessaire afin de pouvoir calculer les pentes sur l'ensemble de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence.

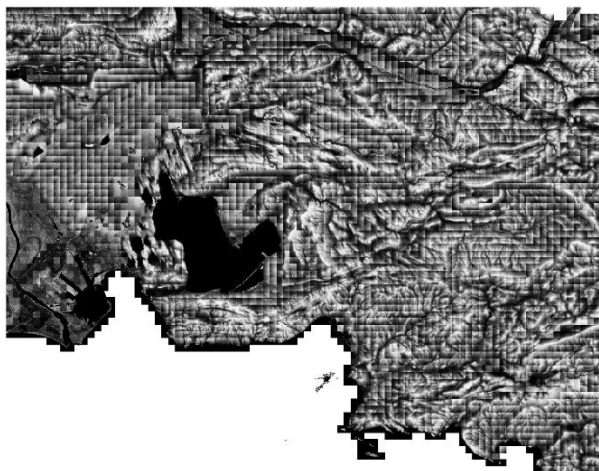


Figure 8 : Dalles RGE Alti de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence – Fabien RIVES 02/2025



Figure 9 : Fusion des dalles en un seul MNT – Fabien RIVES 02/2025

Après avoir fait cela, il est possible de calculer un raster des pentes puis de le transformer en raster binaire avec comme valeur « 1 », en blanc si le pixel est inférieur à 15 % et « 0 », en noir si le pixel est supérieur à ce pourcentage de pente.

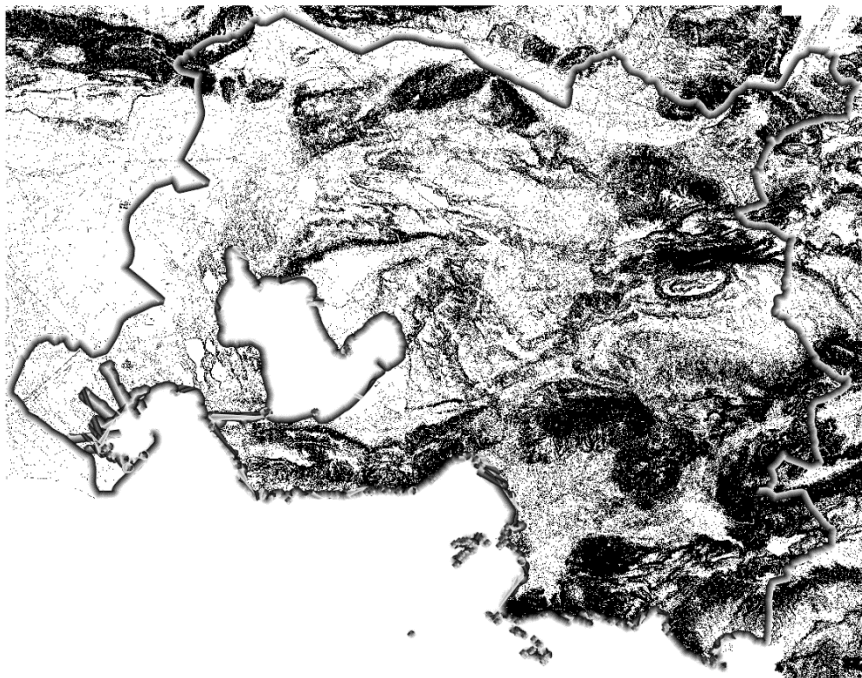


Figure 10 : Raster binaire représentant la pente en dessous de 15% en blanc et au-dessus en noir – Fabien RIVES 02/2025

Afin de sélectionner les parcelles avec une pente inférieure à 15 %, il faut prendre en compte un minimum de pixels avec la valeur « 1 » qui doit être présente. Pour cela, il est nécessaire de prendre en compte les parcelles qui ont au moins 50 pixels avec la valeur « 1 » pour avoir au moins 50 m² de disponibles, étant donné que la résolution du raster est de 1 m². Pour faire cette manipulation, il faut calculer des statistiques de zone entre la couche vectorielle des parcelles et la couche raster avec les valeurs binaires pour avoir la somme des pixels blancs. Ceci fait, il ne faut donc retenir que celles qui ont plus de 50 m² de surface avec une pente convenable. L'expression utilisée est : « *pixell_sum* >= 50 ». Sur les 775 700 parcelles de la Métropole, 652 593 répondent à ce critère, soit 15,87 % de parcelles en moins représentant seulement 0,52 % de la surface totale de la Métropole.

Ensuite, pour sélectionner les parcelles qui n'intersectent pas les routes, il faut d'abord avoir toutes les routes de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. La source de cette donnée est la BD TOPO, répertoriant toute la voirie allant du sentier jusqu'à l'autoroute, catégorisée de 1 à 6. Nous avons pris le parti de ne prendre que les routes de catégories 1, 2, 3, et 4 excluant les catégories 5 et 6, catégories modélisant les chemins et les sentiers. Une sélection par expression est encore faite : « *"IMPORTANCE" IN (1, 2, 3, 4)* ». Maintenant que nous avons une couche vectorielle avec les tronçons de routes importantes de toute la Métropole, il faut faire une sélection par localisation en paramétrant de sélectionner toutes les entités qui intersectent la voirie. Ensuite, nous obtenons l'information qu'il y a 6 845 parcelles sur l'entièreté de la Métropole qui intersectent la voirie, soit 0,88 % de parcelles en moins représentant une perte de 4,77 % de surface.

Les parcelles ne pouvant pas non plus intersecter les voies ferrées, la même méthode que pour la voirie a été utilisée, c'est-à-dire une sélection par localisation. Il y a donc 2 379 parcelles qui intersectent une voie ferrée (0,31 % des parcelles pour 2,74 % de surface).

Une des limites du critère portant sur la sélection de la voirie est que certaines routes privées comme celles des lotissements, par exemple, ne sont pas présentes dans la donnée linéaire de la BD TOPO. Dans le but de combler cette lacune, il est nécessaire d'utiliser un indice d'identification de forme permettant la détection des parcelles qui seraient semblables à de la voirie, pour ce faire un nouveau code Python est nécessaire. L'indice choisi est celui de MERI (Momepy Equivalent Rectangular Index). Cet indice est calculé grâce à cette formule :

$$\text{Indice MERI} = \sqrt{\frac{\text{area}}{\text{area of bounding rectangle}}} * \frac{\text{perimeter of bounding rectangle}}{\text{perimeter}}$$

Le script (*Annexe 2*) détecte les voiries à partir d'un fichier de parcelles géospatiales. Ce script Python commence par importer les bibliothèques nécessaires pour manipuler les données géospatiales et effectuer le regroupement. La fonction « RoadDetector » est initialisée avec les chemins d'entrée et de sortie des fichiers de données. Il charge ensuite les données géospatiales, les convertit si nécessaire, et calcule l'indice MERI pour chaque parcelle, qui mesure la similarité de la forme de la parcelle avec un rectangle. Ensuite, l'algorithme K-means est utilisé pour classer les parcelles en voiries et non-voiries. Cet algorithme a été sélectionné pour sa capacité à partitionner naturellement les données en deux classes distinctes sur la base de l'indice MERI, sans nécessiter de seuils prédéfinis. Cette méthode de regroupement non supervisée minimise la variance intra-classe, permettant ainsi de différencier efficacement les formes linéaires typiques des voiries des formes plus compactes caractérisant les autres parcelles. Sa simplicité d'implémentation et son efficacité de calcul en font un choix optimal pour le traitement de données cadastrales volumineuses.

Les résultats sont finalement sauvegardés dans un nouveau fichier shapefile.



Figure 11 : Prise de vue d'un lotissement de la commune de « Le Tholonet » – Google Maps 03/2025



*Figure 12 : Ajout de la couche parcellaire
correspondant à la donnée en entrée du script – Fabien
RIVES 03/2025*



*Figure 13 : Ajout de la couche vectorielle résultante du
script – Fabien RIVES 03/2025*

Voici ci-dessus une comparaison d'un lotissement sur la commune de Le Tholonet (localisation RGF-93 L93 : 901208.21,6271146.78) avec la couche vectorielle parcellaire initiale et la couche vectorielle obtenues après avoir exécuté le script, nous pouvons clairement voir que le script a produit des résultats convenables, les parcelles comprenant de la voirie ne sont plus présentes dans la nouvelle couche vectorielle.

Pour le critère concernant les parcelles bâties, une sélection par localisation est seulement nécessaire. Elle est faite entre la couche parcellaire et celle des bâtiments du Référentiel National des Bâtiments. Nous obtenons l'information que 229 381 parcelles ne sont pas bâties, ce qui représente 61 % des parcelles de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence pour environ 42 % de sa superficie.

Les trois derniers critères sont des critères très similaires, les parcelles ne doivent pas comprendre de cimetières, de terrains de sports et d'aérodromes avec leurs pistes. Pour ces critères trois sélections par localisation sont réalisées.

Nous obtenons 2 730 parcelles (soit 127 720 ha) qui font partie d'un aérodrome, 1 014 (soit 9 719 ha) d'un cimetière et 2 977 (soit 73 305 ha) d'un terrain de sport.

Critères	Surface retenue par critère (ha)	Pourcentage de surface non sélectionnée	Nombre de parcelles retenue par critère	Pourcentage de parcelles non sélectionnées
Parcelles plus larges que 5 m	3010289	0,01%	751805	3,08%
Parcelles avec au minimum 50 m ² de surface	3008865	0,06%	698098	10,00%
Parcelles excluant les cimetières	3000953	0,32%	774686	0,13%
Parcelles avec au moins 50 m ² de pente inférieure à 15 %	2994998	0,52%	652593	15,87%
Parcelles excluant les terrains de sport	2937367	2,43%	772723	0,38%
Parcelles n'intersectant pas de voies ferrées	2928302	2,74%	773321	0,31%
Parcelles excluant les aérodromes et leurs pistes	2882952	4,24%	772970	0,35%
Parcelles n'intersectant pas de routes	2866955	4,77%	768855	0,88%
Parcelles excluant la possibilité d'être de la voirie cadastrée	1775841	41,02%	641687	17,28%
Parcelles non bâties	1732174	42,47%	299381	61,41%
Parcelles en zone U ou AU	583322	80,62%	499874	35,56%

Figure 14 : Tableau représentant le nombre et la surface des parcelles exclues par critère –
Fabien RIVES 04/2025

Récapitulatif des critères de gisement foncier : pourcentage de surface et de parcelles non sélectionnées

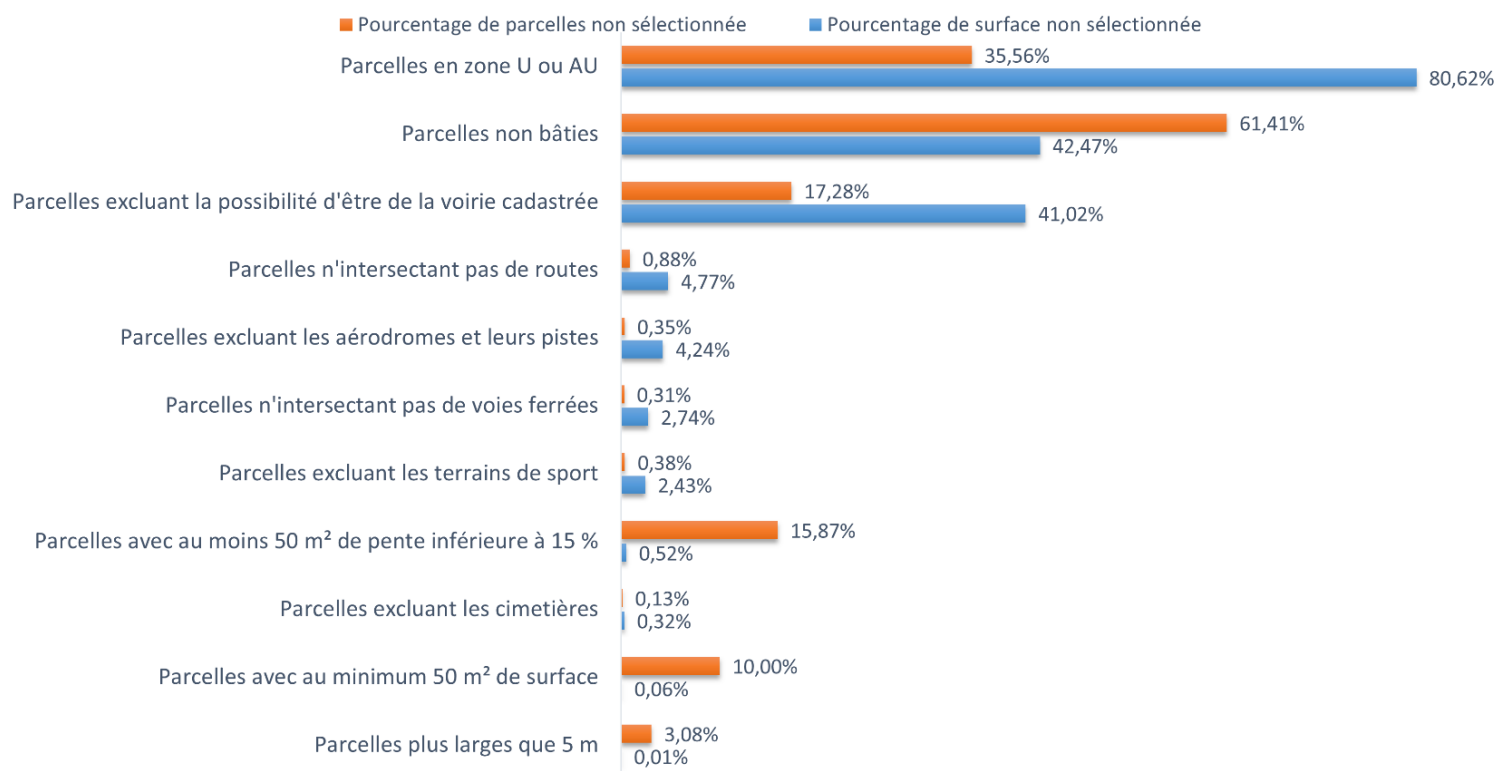


Figure 15 : Récapitulatif des pourcentages de surface et de parcelles non sélectionnées sur la base de critères indépendants les uns des autres – Fabien RIVES 04/2025

Le tableau ci-dessus quantifie le nombre de parcelles ainsi que la surface retenue selon les critères. Le diagramme illustre cela de manière plus explicite en montrant le pourcentage de surfaces et de parcelles non sélectionnées pour chaque critère appliqué à la Métropole d'Aix-Marseille-Provence.

La méthodologie développée pour l'identification des gisements fonciers, bien qu'elle présente une approche systématique et reproductible, révèle plusieurs limites importantes qui affectent la qualité et la représentativité de l'échantillon obtenu. L'exclusion de quatre communes (Lamanon, Vernègues, La Barben et Éguilles) en raison de l'absence de PLU constitue une lacune méthodologique majeure. Ces 14 349 entités non traitées créent un biais géographique

dans l'analyse, particulièrement problématique pour une étude qui se veut exhaustive à l'échelle métropolitaine.

Les critères retenus pour définir le potentiel constructible, malgré leur pertinence apparente, relèvent davantage d'une approche pragmatique que d'une analyse fine des contraintes réelles. Les seuils de largeur minimale de 5 mètres, de surface de 50 m² et de pente inférieure à 15 % constituent des valeurs arbitraires qui ne tiennent pas compte de la diversité des contextes locaux et des spécificités réglementaires communales. Cette standardisation peut conduire à écarter des parcelles présentant un réel potentiel constructible dans certains contextes urbains spécifiques.

La détection de la voirie, malgré l'utilisation innovante de l'indice MERI pour compenser les lacunes de la BD TOPO, reste imparfaite. Certaines parcelles enclavées ou desservies par des chemins ruraux non cartographiés peuvent être écartées à tort, tandis que d'autres, théoriquement accessibles mais pratiquement difficiles d'accès, sont retenues dans l'analyse.

L'approche binaire adoptée pour les critères d'exclusion constitue une simplification excessive de la réalité foncière. Cette logique du « tout ou rien » ne reflète pas la complexité du marché foncier, où une parcelle partiellement en pente ou comportant une petite construction pourrait présenter un potentiel de densification ou de réhabilitation non détecté par cette méthode. Cette approche conduit probablement à une sous-estimation du gisement foncier réel, particulièrement dans les tissus urbains denses où les opportunités de mutation sont cruciales.

L'échantillon résultant présente des biais structurels qui questionnent sa représentativité territoriale. On observe une probable surreprésentation des parcelles périurbaines au détriment des centres urbains denses, où le potentiel de renouvellement urbain est pourtant crucial pour les politiques d'aménagement métropolitaines. Cette distorsion peut conduire à orienter les stratégies foncières vers l'extension urbaine plutôt que vers la densification et le renouvellement des tissus existants.

Plusieurs améliorations méthodologiques pourraient enrichir cette approche. L'intégration de données socio-économiques complémentaires, telles que les valeurs foncières, la dynamique démographique ou les projets d'aménagement en cours, permettrait une hiérarchisation plus fine des gisements identifiés. Le développement d'une méthode d'évaluation multicritère, remplaçant l'approche binaire actuelle, autoriserait une analyse plus nuancée du potentiel foncier en intégrant différents niveaux de contraintes et d'opportunités.

Une validation terrain sur un échantillon représentatif de parcelles identifiées s'avérerait indispensable pour vérifier la pertinence des critères retenus et ajuster la méthodologie. Cette étape permettrait également d'intégrer des éléments qualitatifs difficilement quantifiables par l'analyse spatiale automatisée, comme l'état réel du bâti existant ou les contraintes environnementales locales. L'approche pourrait également bénéficier d'une dimension temporelle, intégrant l'évolution historique du bâti et les projets urbains programmés, pour enrichir l'analyse prospective du potentiel foncier.

Enfin, l'intégration des spécificités locales et des projets informels dès la phase de conception méthodologique enrichirait l'analyse par une connaissance fine des contraintes et opportunités souvent invisibles dans les bases de données standardisées. Cette approche critique souligne la nécessité d'une interprétation nuancée des résultats et ouvre des perspectives d'amélioration pour développer des études futures plus contextualisées.

2. Répartition du pouvoir foncier dans la Métropole

Le pouvoir foncier à Aix-Marseille-Provence est complexe. Sa structure influence directement l'urbanisation et l'aménagement du territoire. Les personnes morales détiennent une part significative des parcelles : 28,6 % du total. Ce chiffre, issu de l'analyse des fichiers des propriétaires parcellaires, confirme une tendance : les personnes physiques restent majoritaires dans la propriété foncière métropolitaine. Cette observation rejoint les constats nationaux. Casanova Enault, Bocquet et Boulay (2023) établissent en effet que les personnes physiques représentent généralement plus de 75 % des propriétaires fonciers en France.

Cependant, cette minorité apparente des personnes morales ne diminue pas leur influence. Leur impact sur les dynamiques d'urbanisation est déterminant. Logan et Molotch, dans leurs travaux sur la « machine de croissance urbaine », le soulignent bien. Les acteurs institutionnels, moins nombreux, exercent souvent un pouvoir disproportionné. Ceci en partie grâce à leur capacité à mobiliser d'importantes ressources. Ils influencent aussi les décisions d'aménagement. Au sein de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, cette influence est claire. Elle se manifeste par la possession stratégique de parcelles. Ces terrains se situent dans des zones à fort potentiel de développement ou bien à proximité d'infrastructures clé.

L'analyse spatiale révèle une distribution inégale du pouvoir foncier. Cette inégalité existe entre les différentes catégories d'acteurs institutionnels. Les communes, par exemple, sont des propriétaires fonciers majeurs. Elles détiennent une part substantielle des terrains publics. Cela leur confère un levier d'action significatif. Elles peuvent ainsi orienter les politiques d'aménagement. La position des communes s'inscrit dans ce que Pollard décrit, quand il parle de la relation complexe entre « l'État promoteur et le Maire ». Les collectivités locales jouent ici un rôle d'arbitrage essentiel. Elles arbitrent entre intérêts publics et privés dans le développement urbain.

Les bailleurs sociaux et les acteurs parapublics sont également des propriétaires fonciers importants. C'est particulièrement vrai dans les zones urbaines denses. Où ils aident à la mise en œuvre des politiques de logement social. Ils participent aussi au renouvellement urbain. Leur présence significative dans certains quartiers en est le témoin.

Les acteurs privés comme les entreprises, les SCI et les promoteurs ont des approches différentes. Leur objectif principal est de tirer profit des terrains. Leur présence est particulièrement marquée. On les trouve dans les zones à fort potentiel de développement économique ou résidentiel, notamment le long des principaux axes de communication et dans les zones d'activités périurbaines. Cette répartition spatiale reflète des logiques d'investissement claires, guidées par l'anticipation des plus-values foncières, elles même liées aux dynamiques d'urbanisation.

De plus, la fragmentation du pouvoir foncier est une réalité qui existe entre ces différentes catégories d'acteurs et constitue à la fois un défi et une opportunité pour les politiques d'aménagement métropolitain. D'un côté, elle complexifie la mise en œuvre de projets d'envergure nécessitant souvent la maîtrise de grandes emprises foncières. De l'autre, elle offre des possibilités de partenariats public-privé qui permettent de mobiliser des ressources diversifiées pour le développement urbain.

Cette répartition du pouvoir foncier s'inscrit aussi dans un contexte de tensions entre plusieurs objectifs : développement économique, production de logements, et préservation des espaces naturels et agricoles. Les stratégies foncières des différents acteurs reflètent ces tensions mais on y observe des logiques parfois contradictoires, entre valorisation économique immédiate et préservation du potentiel foncier à long terme, le choix est difficile.

L'analyse des transactions foncières récentes révèle la dynamique de l'évolution du pouvoir foncier. Une tendance se dessine : la concentration des propriétés dans certains secteurs

stratégiques bien illustrés par des opérations d'aménagement d'envergure. On a par exemple Euroméditerranée à Marseille, ou le technopôle de l'environnement Arbois-Méditerranée près d'Aix-en-Provence. Ces opérations montrent comment les acteurs publics peuvent agir en utilisant le levier foncier pour favoriser des transformations urbaines majeures, avant de céder progressivement la place à des opérateurs privés, le tout dans une logique de valorisation progressive.

La théorie des « coalitions de croissance », telle que formulée par Logan et Molotch, prend corps au sein de la Métropole Aix-Marseille-Provence. On y voit se nouer, autour de grands projets urbains emblématiques, des alliances objectives entre collectivités locales, établissements publics d'aménagement et investisseurs privés. Ces partenariats, fondés sur une gestion commune du foncier, visent à donner vie à des visions de développement qui conjuguent harmonieusement intérêts publics et privés.

Le pouvoir foncier des grands propriétaires institutionnels repose surtout sur leur aptitude à négocier les conditions de mutation. Les recherches de Pollard, en ce sens, apportent un éclairage précieux. Il étudie les interactions entre les collectivités locales et les promoteurs immobiliers. Il montre que certaines communes, grâce à un patrimoine foncier important, peuvent intervenir activement en imposant aux opérateurs privés des exigences qualitatives, souvent supérieures aux normes réglementaires. Dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, cette marge de négociation n'est pas homogène. D'une commune à l'autre, les écarts sont nets. Ces différences influencent directement la qualité des projets d'aménagement. Au final, elles participent à renforcer les inégalités entre territoires.

Les associations foncières représentent une forme de pouvoir souvent méconnue, notamment à travers les Associations Syndicales Libres (ASL) dans les zones pavillonnaires et les copropriétés. Leur influence sur l'urbanisation est pourtant majeure : en gérant des espaces communs et en imposant des règlements stricts, elles peuvent freiner les projets de densification, alors même que les politiques publiques actuelles les encouragent. Cette tension révèle les contradictions entre les différentes échelles de gouvernance foncière.

La question du foncier économique révèle des jeux d'acteurs particuliers. On observe l'arrivée de nouveaux profils : des fonds d'investissement spécialisés, mais aussi des sociétés foncières cotées. Ces acteurs changent peu à peu les formes de propriété, transforment aussi l'organisation des zones d'activités dans les métropoles. Cette évolution marque une financiarisation croissante du foncier, surtout dans la logistique et le commerce. Elle introduit

des logiques de rentabilité immédiate. Ces logiques ne sont pas neutres, elles peuvent heurter les ambitions d'aménagement durable, que défendent les acteurs publics.

Pour répondre à ces tensions, de nouveaux outils émergent. Les Organismes de Foncier Solidaire (OFS) en sont un exemple, leur principe est simple, séparer la propriété du sol de celle du bâti. Cette dissociation redéfinit le pouvoir foncier, elle crée d'autres manières de contrôler le foncier. Ces formes restent encore rares dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, mais ouvrent une voie pour rééquilibrer les rapports entre acteurs publics et privés dans la production urbaine.

C. Dynamique d'urbanisation et de propriété foncière : analyse des liens entre les propriétaires et le développement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence

1. Ciblage des propriétaires et enjeux méthodologiques

L'identification des propriétaires fonciers repose sur une approche méthodologique par déduction qui mérite d'être explicitée. Le fichier des parcelles des personnes morales constitue notre point d'entrée : toute parcelle présente dans cette base appartient nécessairement à une personne morale, tandis que les parcelles absentes sont attribuées par défaut aux personnes physiques. Cette méthode binaire, bien que simple en apparence, permet une couverture exhaustive du territoire.

La catégorisation des personnes morales représente néanmoins un défi. Sous l'appellation « personnes morales non remarquables » se regroupent des acteurs hétérogènes (entreprises, associations, SCI, groupements fonciers) aux logiques foncières distinctes. Cette simplification, nécessaire pour l'analyse statistique, ne doit pas occulter la diversité des stratégies à l'œuvre.

L'articulation entre données cadastrales et fichiers de propriétaires s'effectue via un identifiant unique combinant code INSEE, section et numéro cadastral. Malgré cette clé de jointure robuste, des incohérences peuvent survenir : décalages temporels entre bases, modifications parcellaires non reportées, ou erreurs de saisie.

La spatialisation par SIG révèle des logiques territoriales que l'analyse statistique seule ne pourrait voir : où se concentrent les propriétaires, comment ils accumulent les terrains, et leurs zones préférées d'investissement.

L'exclusion de certaines communes sans PLU et les parcelles écartées par nos critères de sélection constituent des limites assumées. Malgré ces limites méthodologiques, il reste possible de dresser un portrait précis et utile de la propriété foncière, étape essentielle pour élaborer des politiques territoriales efficaces.

2. Analyse binaire des propriétaires du gisement foncier

L'analyse de la structure de propriété prend une dimension particulièrement stratégique lorsqu'on l'applique au gisement foncier, ensemble de parcelles qui, sur la base de critères objectifs, apparaissent comme susceptibles d'accueillir un développement futur. Avant d'examiner la répartition détaillée entre différents types de personnes morales, il est essentiel de comprendre le partage global du foncier potentiel entre personnes morales et personnes physiques.

Répartition en pourcentage des parcelles par type de propriétaires
(Gisement foncier)

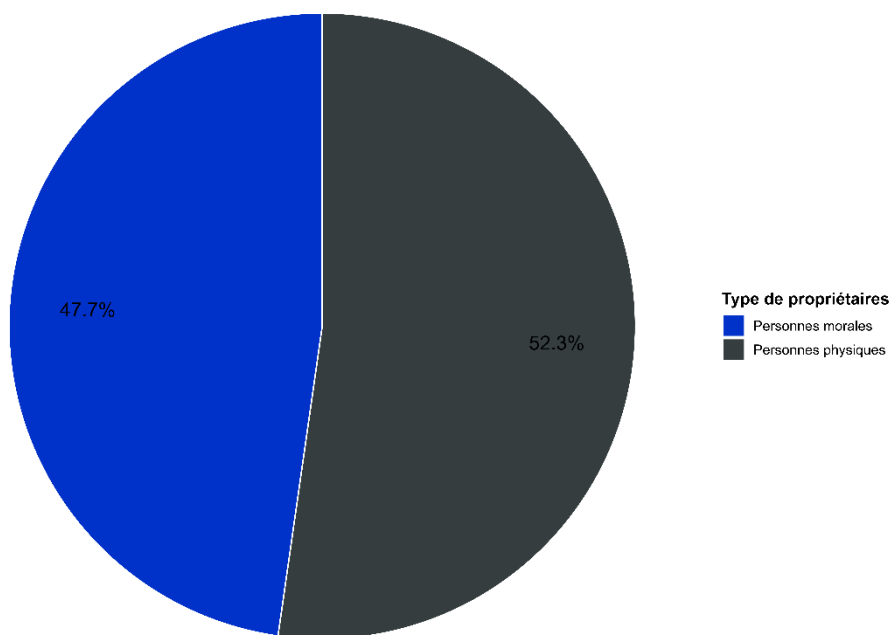


Figure 16 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des parcelles par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025

L'analyse binaire du gisement foncier révèle un équilibre presque parfait entre ces deux grandes catégories de propriétaires. En termes de nombre de parcelles, les personnes physiques détiennent une légère majorité avec 52,3 % des parcelles contre 47,7 % pour l'ensemble des personnes morales.

Répartition en pourcentage des surfaces par type de propriétaires
(Gisement foncier)

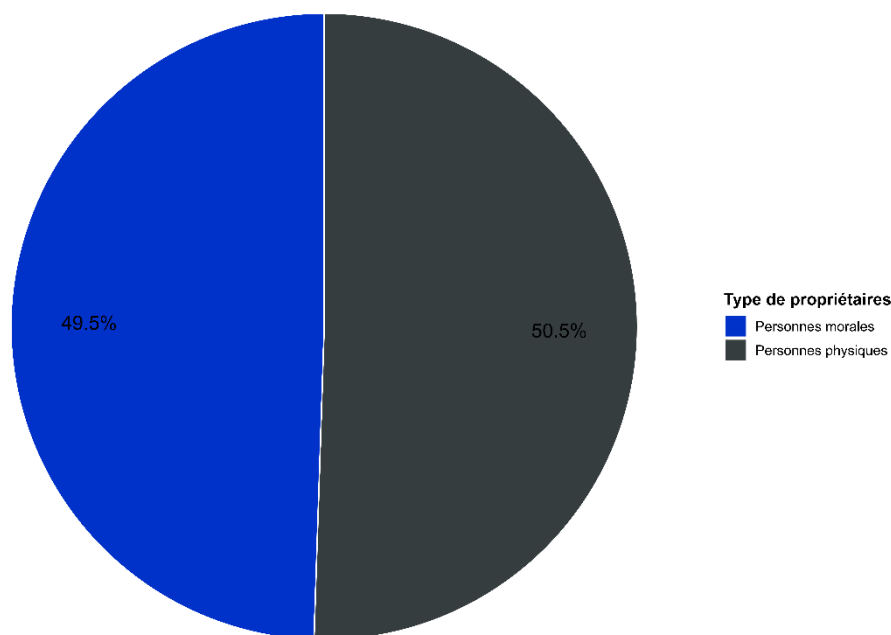


Figure 17 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des surfaces par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025

En termes de surface, la répartition est encore plus équilibrée, les personnes physiques possédant 50,5 % des surfaces du gisement foncier potentiel contre 49,5 % pour les personnes morales.

Cette quasi-parité dans la répartition du potentiel foncier est un point fondamental à souligner. Elle indique clairement que toute stratégie de mobilisation du foncier pour le développement urbain futur devra nécessairement engager aussi bien les acteurs institutionnels que les propriétaires particuliers. Les collectivités territoriales ne peuvent donc pas se concentrer uniquement sur les négociations avec les grandes institutions ou entreprises, mais doivent également mettre en place des dispositifs adaptés pour travailler avec une multitude de propriétaires particuliers.

L'analyse croisée avec les types d'occupation des sols (MOS) fait apparaître des disparités significatives dans cette répartition binaire selon les contextes territoriaux.

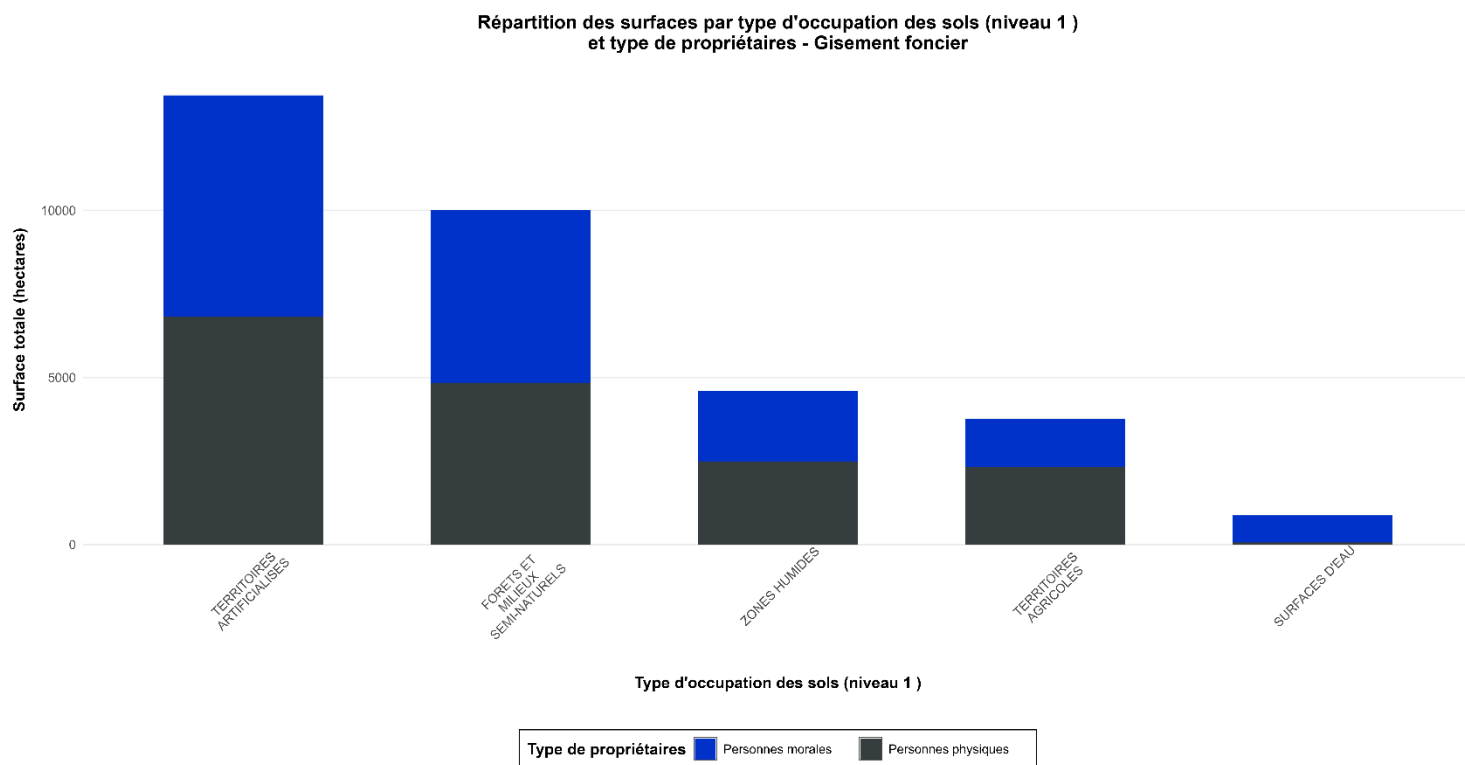


Figure 18 : Graphique en barres représentant la répartition des surfaces par type d'occupation des sols (niveau 1) et type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025

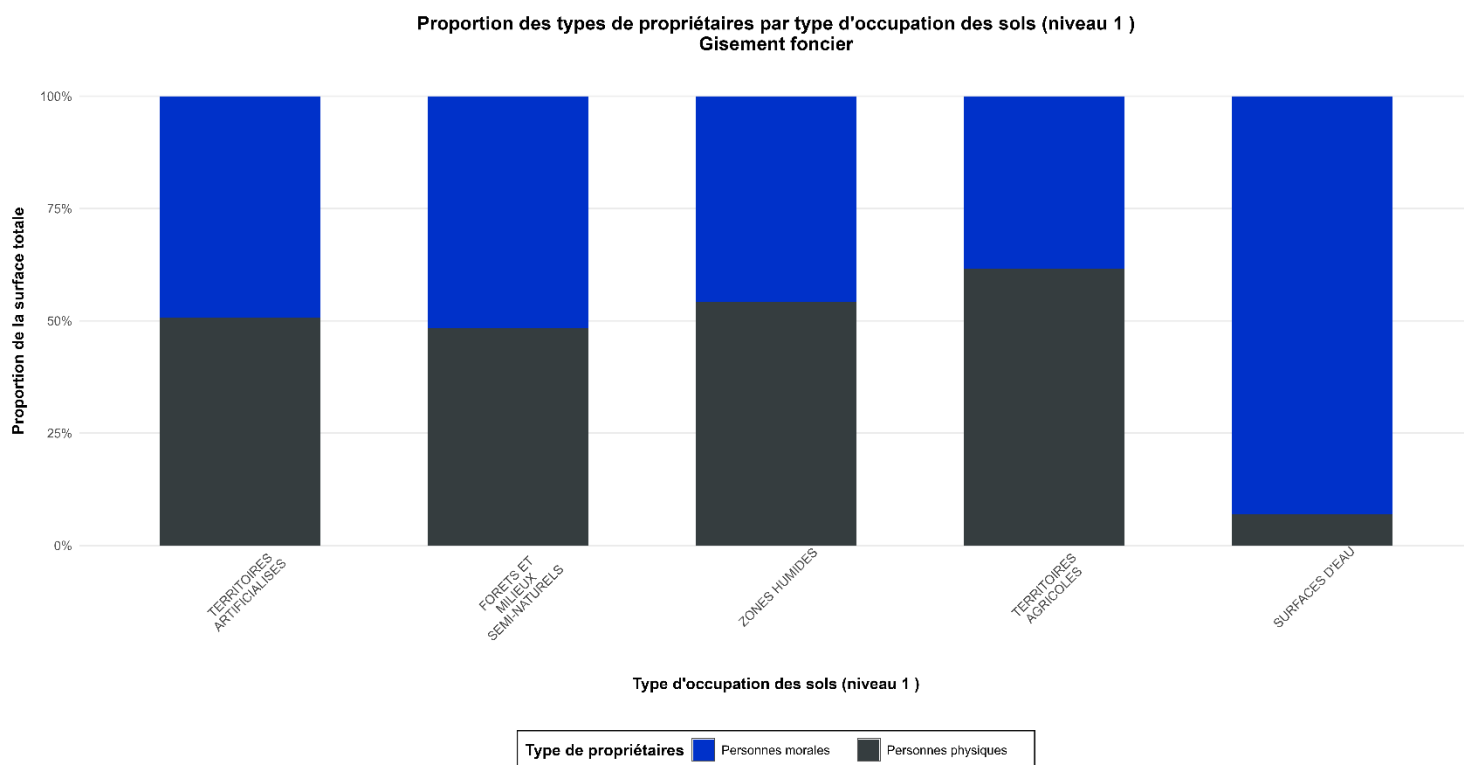


Figure 19 : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires par type d'occupation des sols (niveau 1) – Fabien RIVES 05/2025

Pour les territoires artificialisés identifiés comme faisant partie du gisement (friches urbaines, dents creuses, terrains vagues en milieu urbain), la répartition est relativement équilibrée avec une légère prédominance des personnes physiques qui détiennent 50,6 % des surfaces contre 49,4 % pour les personnes morales. Cette situation suggère que les opportunités de densification urbaine et de renouvellement des tissus existants reposent de manière équilibrée sur ces deux types d'acteurs.

Dans les forêts et les milieux semi-naturels qui sont inclus dans le gisement, la répartition est également équilibrée avec 51,7 % pour les personnes morales et 48,3 % pour les personnes physiques. Cette proportion presque égale souligne l'importance de considérer les deux types de propriétaires dans les stratégies de préservation ou de valorisation maîtrisée de ces espaces.

Pour les territoires agricoles identifiés comme partie du gisement, principalement des zones classées AU dans les documents d'urbanisme, on observe une nette domination des personnes physiques qui détiennent 61,7 % des surfaces contre 38,3 % pour les personnes morales. Cette prédominance des propriétaires particuliers dans les zones d'extension urbaine future constitue un défi majeur pour les politiques foncières, car elle implique de négocier avec une multitude d'acteurs individuels ayant des intérêts et des stratégies propres.

Les zones humides intégrées au gisement présentent une configuration où les personnes physiques détiennent 54,2 % des surfaces contre 45,8 % pour les personnes morales. Cette prédominance des propriétaires particuliers sur ces espaces écologiquement sensibles soulève des enjeux spécifiques de régulation et de protection environnementale.

Enfin, les surfaces d'eau incluses dans le gisement constituent une exception notable, avec une forte domination des personnes morales, avec 93,0 % des surfaces, face aux personnes physiques qui en ont seulement 7,0 %. Cette concentration traduit probablement la présence importante d'acteurs publics (État, collectivités) et d'établissements spécialisés dans la gestion de ces ressources hydriques.

3. Analyse détaillée des propriétaires moraux du gisement foncier

Après avoir établi cette première répartition binaire, il est crucial d'examiner plus finement la structure de propriété au sein même des personnes morales, qui détiennent rappelons-le 49,5 % des surfaces du gisement foncier potentiel. Cette analyse permet d'identifier précisément quels sont les acteurs institutionnels qui détiennent les clés potentielles de la mobilisation foncière pour le développement futur du territoire métropolitain.

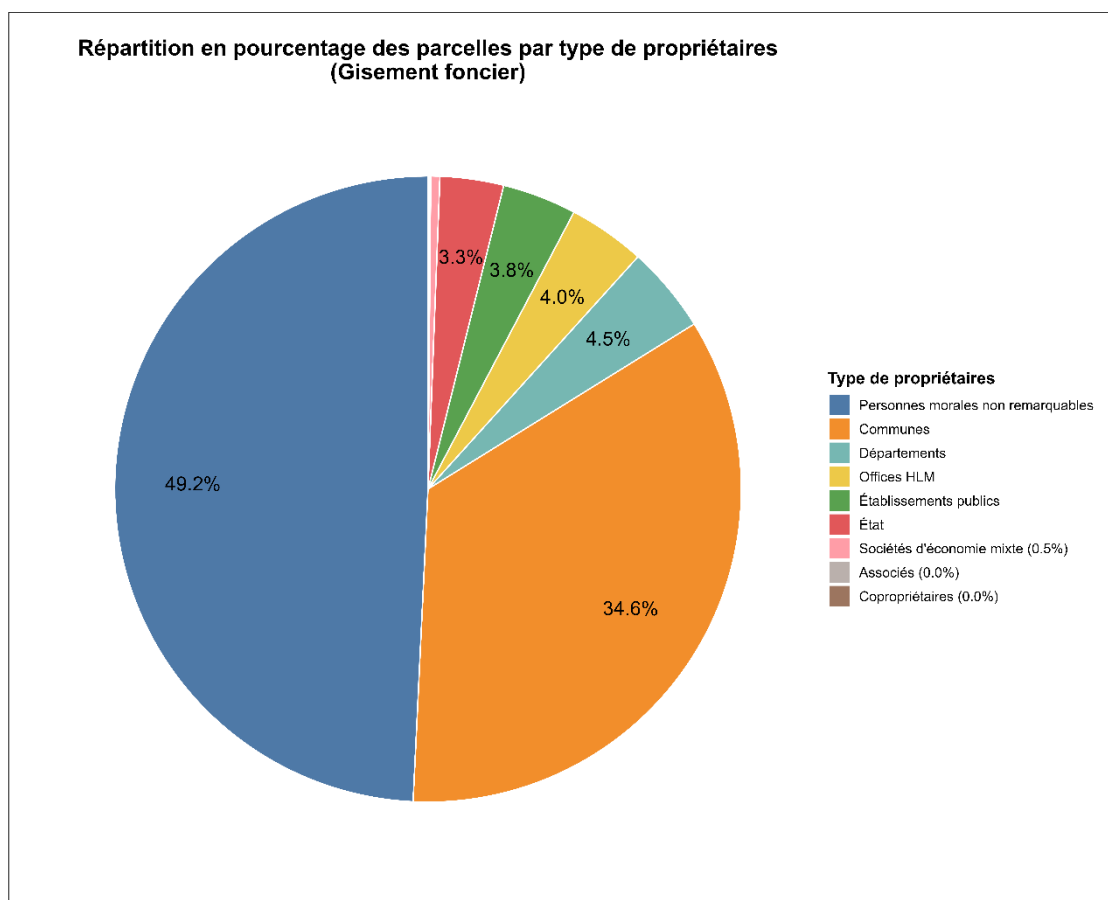


Figure 20 : Diagramme en secteur représentant la répartition en pourcentage des parcelles du gisement foncier par type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025

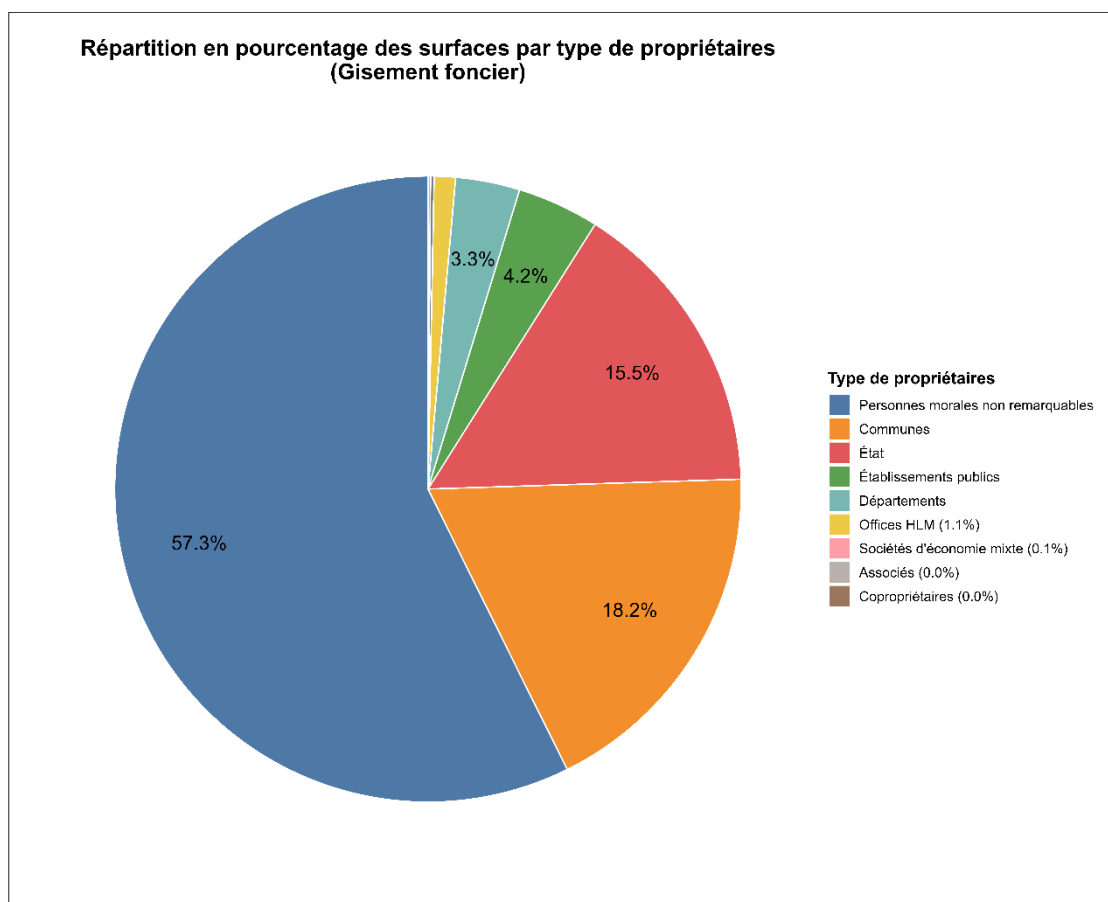


Figure 21 : Diagramme en secteurs représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025

Dans l'ensemble du gisement foncier appartenant à des personnes morales, les personnes morales non remarquables (principalement des entreprises et des associations) occupent une position dominante avec 49,2 % des parcelles identifiées comme faisant partie du gisement, mais surtout, de manière encore plus écrasante, elles contrôlent 57,3 % des surfaces correspondantes. Ce chiffre est particulièrement éloquent, suggérant que plus de la moitié du potentiel foncier mobilisable appartenant à des personnes morales est actuellement entre les mains d'acteurs privés et associatifs. Toute politique publique visant à orienter, maîtriser ou

accélérer le développement urbain devra nécessairement composer avec cette réalité et trouver les moyens d'interagir efficacement avec cet ensemble complexe de propriétaires privés.

Les communes constituent le deuxième détenteur majeur de ce gisement foncier potentiel. Elles possèdent un nombre important de parcelles, 34,6 % du total des parcelles morales du gisement, mais celles-ci ne représentent que 18,2 % des surfaces totales. Cette décorrélation entre nombre de parcelles et surface indique que le potentiel foncier communal est particulièrement fragmenté, constitué d'une multitude de petites parcelles disséminées. Cette configuration peut certes complexifier la mobilisation de ce foncier pour des projets d'envergure, mais offre aussi des opportunités pour des opérations plus ponctuelles.

L'État voit son importance stratégique confirmée au sein du gisement. Bien qu'il ne possède qu'une faible proportion des parcelles (3,3 %), celles-ci représentent une part très significative des surfaces totales, atteignant 15,5 %. Le potentiel foncier étatique est donc clairement concentré sur de grandes emprises, souvent bien localisées ou présentant des caractéristiques particulières. La mobilisation de ce foncier d'État, si elle est possible et négociée, constitue donc un levier potentiellement puissant pour des opérations d'aménagement structurantes.

Les établissements publics occupent une place intermédiaire dans ce gisement, détenant 3,8 % des parcelles et 4,2 % des surfaces. Leur potentiel semble constitué de parcelles de taille moyenne, peut-être des terrains attenants à leurs sites principaux ou des réserves acquises par des établissements publics fonciers en vue d'opérations futures.

Les offices HLM possèdent 4,0 % des parcelles du gisement, mais celles-ci ne représentent qu'une part très faible des surfaces totales avec seulement 1,1 % de celle-ci. Cette faible présence en surface interroge sur leur capacité intrinsèque à mobiliser directement du foncier pour leurs opérations et suggère qu'ils dépendent fortement d'acquisitions ou de mises à disposition par d'autres acteurs pour pouvoir développer le logement social nécessaire.

Les autres catégories d'acteurs moraux ont une présence très limitée voire négligeable au sein de ce gisement foncier potentiel, indiquant que le levier de mobilisation principal ne se situe probablement pas dans leur patrimoine direct.

L'analyse de la composition de ce gisement foncier à travers le prisme du MOS permet de préciser où se situent géographiquement et fonctionnellement ces potentiels, et qui les détient.

Répartition des surfaces par type d'occupation des sols (niveau 1)
et type de propriétaires moraux - Gisement foncier

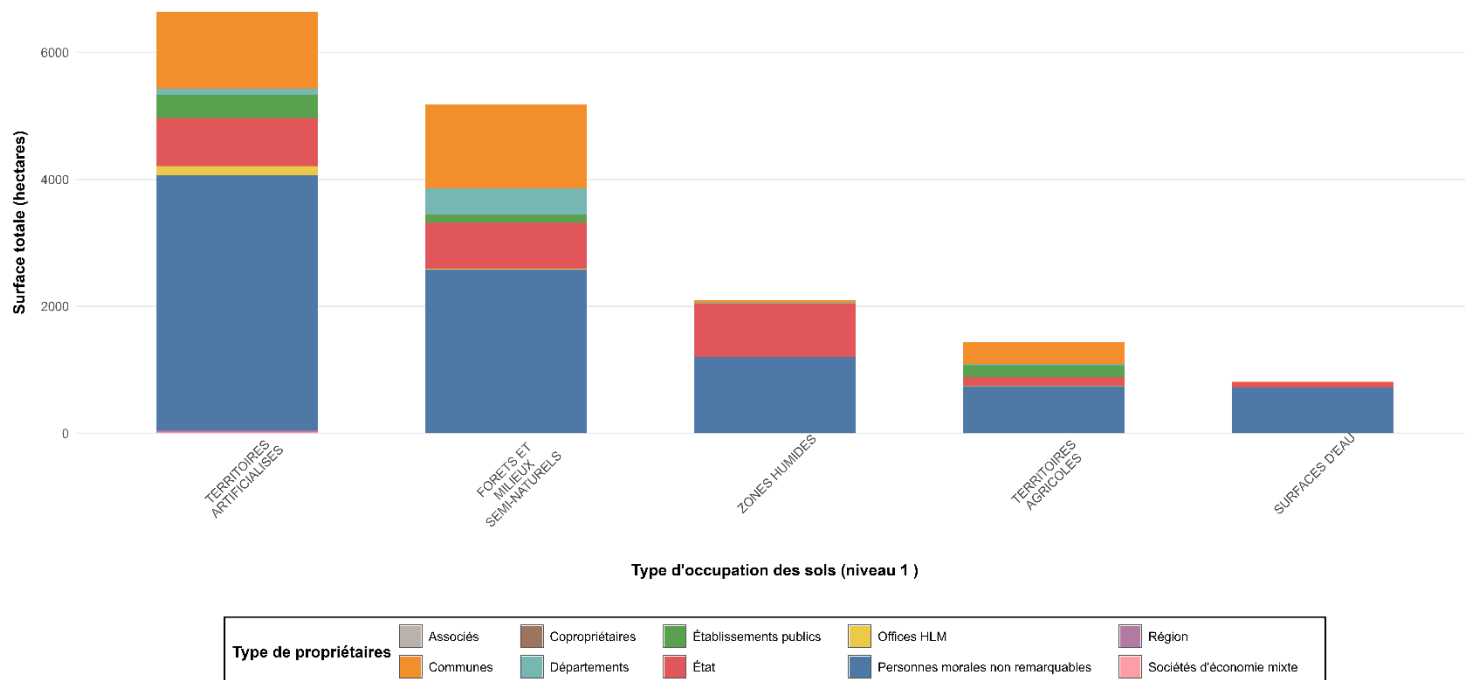


Figure 22 : Graphiques en barres représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type d'occupation des sols (niveau 1) et type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025

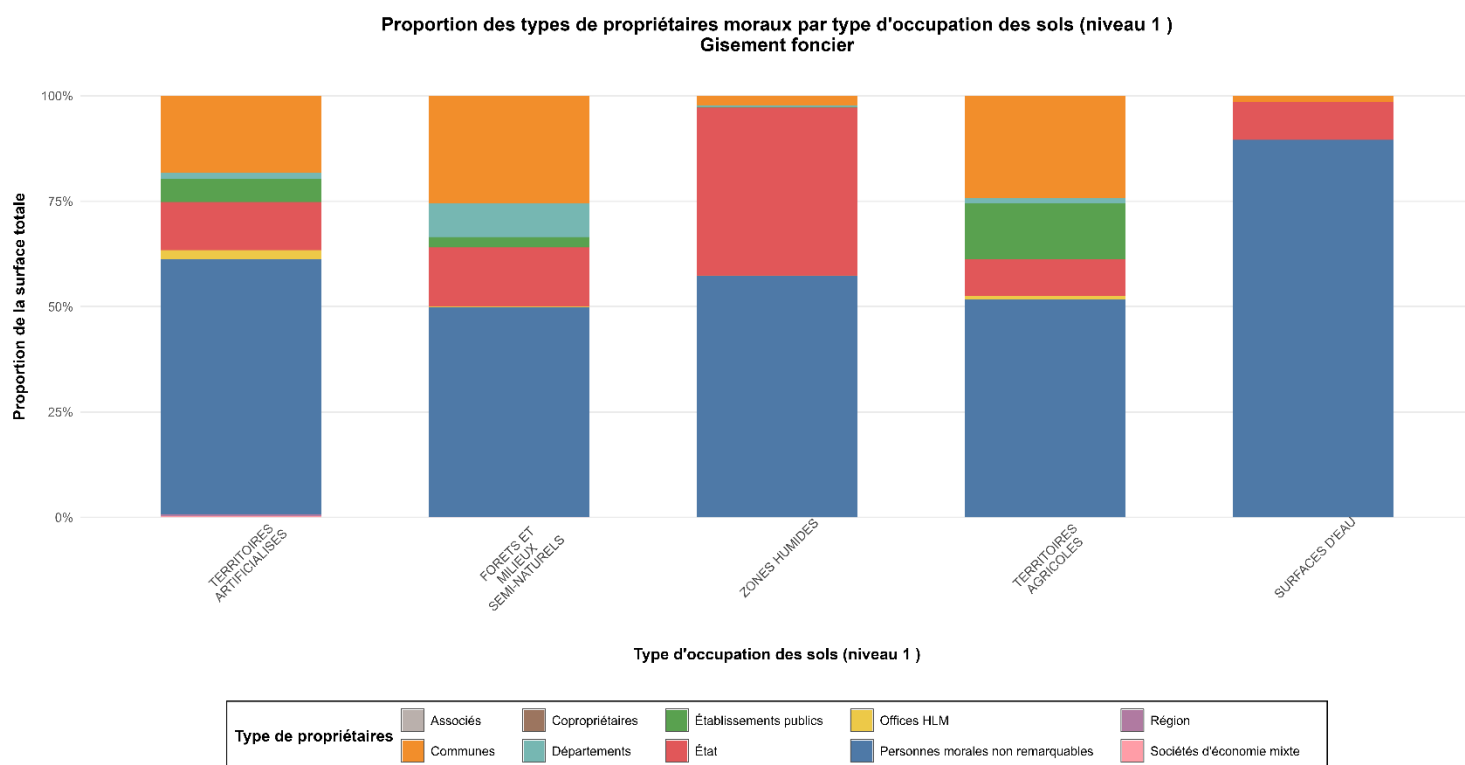


Figure 23 : Graphiques en barres représentant la proportion des types de propriétaires moraux par type d'occupation des sols (niveau 1) sur le gisement foncier – Fabien RIVES 05/2025

Au sein des territoires artificialisés du gisement (qui correspondent donc à des terrains non bâtis mais situés en zone urbaine ou d'activité, typiquement des friches industrielles ou commerciales, des « dents creuses » dans le tissu urbain, des terrains vagues...), les personnes morales non remarquables dominant très largement, contrôlant 60,5 % de ces surfaces. C'est donc principalement sur leur patrimoine que semblent reposer les opportunités de densification urbaine, de renouvellement des tissus existants ou de reconversion de sites obsolètes. Les communes y conservent néanmoins une part notable (18,2 %), offrant des possibilités directes pour la création d'équipements publics, de logements sociaux ou pour initier des opérations d'aménagement mixtes sur des terrains leur appartenant. L'État y détient également une part

significative (11,4 %), souvent liée, à d'anciennes emprises d'infrastructures ou à des sites industriels à reconvertir, représentant un potentiel stratégique important pour le renouvellement urbain.

Dans les territoires agricoles identifiés comme faisant partie du gisement, principalement des zones classées AU dans les documents d'urbanisme, donc destinées à une urbanisation future, souvent à moyen ou long terme, les personnes morales non remarquables contrôlent là aussi la majorité des surfaces (51,7 %). Ce sont majoritairement des terrains privés qui constituent les réserves foncières pour l'extension urbaine future telle qu'envisagée par les planificateurs locaux. Cependant, les communes (24,4 %) et les établissements publics (13,2 %) y détiennent également des parts non négligeables. Cela suggère un potentiel intéressant pour tenter d'orienter l'urbanisation future sur des terrains déjà sous maîtrise publique ou parapublique, ou pour développer des projets spécifiques comme l'agriculture périurbaine sur des parcelles communales stratégiquement situées en zone AU.

Concernant les forêts et milieux semi-naturels qui apparaissent dans le gisement, il peut s'agir de zones AU situées en bordure de massifs forestiers ou naturels, ou d'espaces naturels classés mais présentant un potentiel de valorisation. Les personnes morales non remarquables (49,8 % des surfaces) et les communes (25,5 %) sont les principaux détenteurs identifiés. La mobilisation de ce potentiel, si elle était envisagée, poserait évidemment des questions cruciales d'articulation entre les objectifs de développement et les impératifs de préservation des espaces naturels et forestiers, particulièrement forts dans le contexte métropolitain. L'État y conserve également une position stratégique (13,9 %), notamment via les forêts domaniales qui pourraient être potentiellement concernées pour des projets futurs.

L'analyse plus fine au niveau 2 du MOS au sein même du gisement apporte quelques éclairages supplémentaires qui méritent d'être mentionnés.

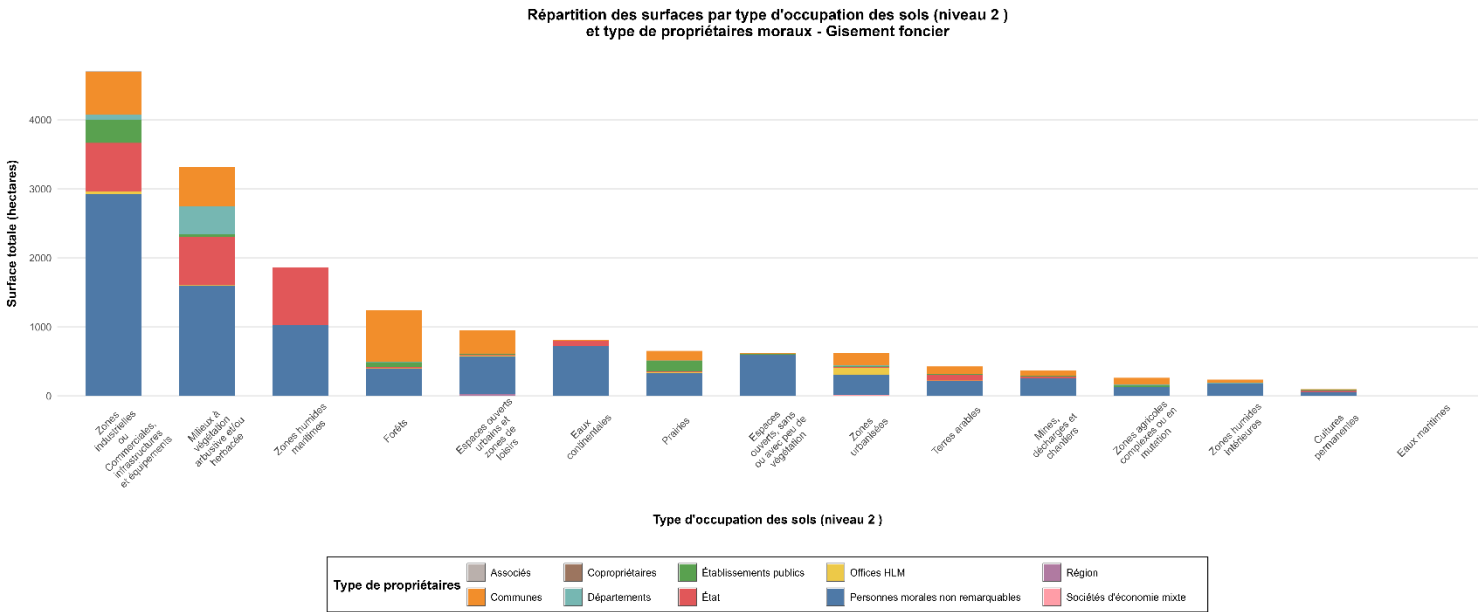


Figure 24 : Graphique en barres représentant la répartition des surfaces du gisement foncier par type d'occupation des sols (niveau 2) et type de propriétaires moraux – Fabien RIVES 05/2025

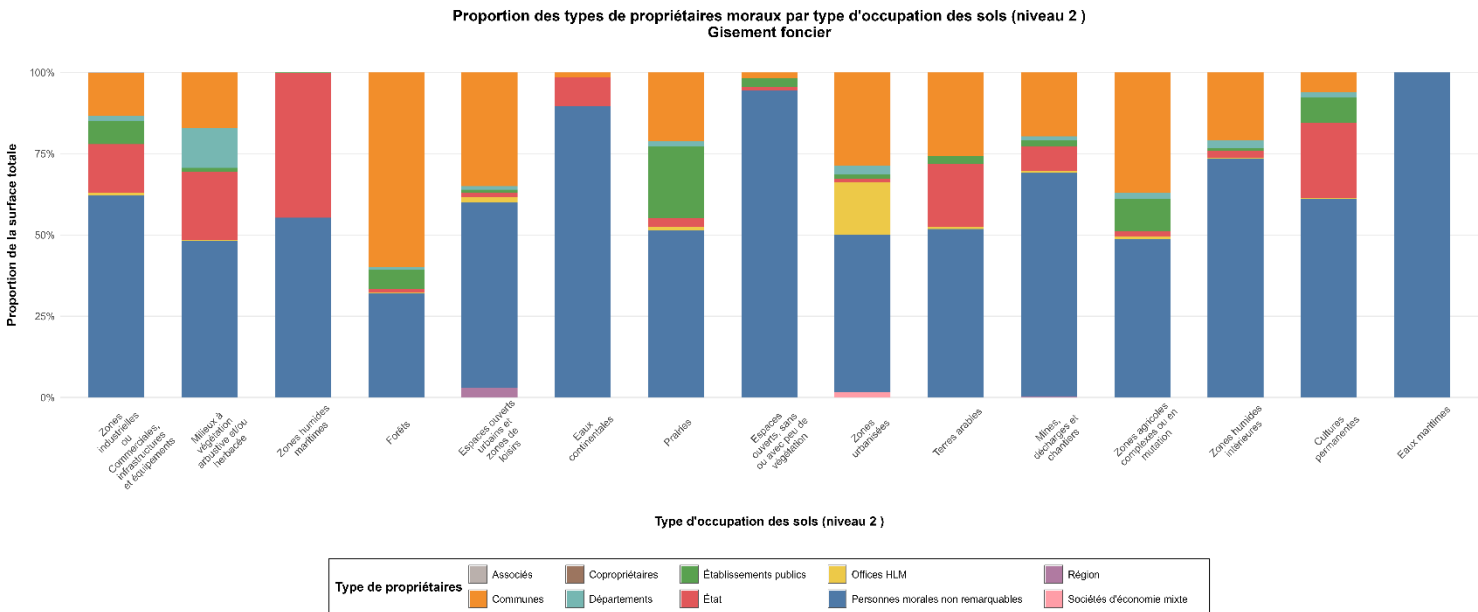


Figure 25 : : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires moraux par type d'occupation des sols (niveau 2) sur le gisement foncier – Fabien RIVES 05/2025

Dans les zones industrielles ou commerciales potentielles, la domination des personnes morales non remarquables (62,1 %) est très forte, mais l'État (15,0 %) et les communes (13,3 %) confirment leur rôle important, soit par la détention de sites stratégiques à reconverter, soit par leur capacité à aménager de nouvelles zones d'activités.

Les espaces ouverts urbains et les zones de loisirs qui font partie du gisement (terrains vagues, délaissés, anciens terrains de sport...) sont largement partagés entre les personnes morales non remarquables (56,9 %) et les communes (35,0 %). Ces espaces représentent un potentiel de mutation qui semble particulièrement intéressant pour des projets de proximité au cœur des tissus urbains existants. Les forêts incluses dans le gisement sont détenues majoritairement par les communes (59,8 %) et les personnes morales non remarquables (31,8 %), ce qui renforce l'enjeu de la gestion des lisières et des interfaces entre urbanisation et espaces forestiers.

4. Analyse de la distribution des tailles de parcelles par type de propriétaire du gisement foncier

Après avoir examiné la répartition du gisement foncier selon les différentes catégories de propriétaires, il est pertinent d'approfondir cette analyse en étudiant la distribution des tailles parcellaires selon ces mêmes acteurs. Cette approche complémentaire permet de mieux comprendre les stratégies d'acquisition et de gestion foncière déployées par chaque type de propriétaire, révélant ainsi des logiques spatiales spécifiques.

Pour caractériser la distribution des superficies parcellaires selon les propriétaires, nous avons calculé plusieurs indicateurs statistiques clés (valeurs minimales et maximales, quartiles, moyenne, écart-type) et représenté ces distributions sous forme de boîtes à moustaches.

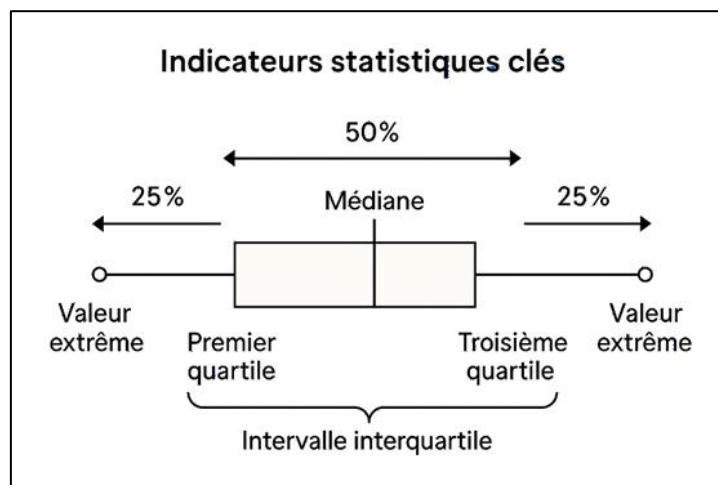


Figure 26 : Illustration d'un diagramme en boîte (box-plot) des indicateurs statistiques clés – Fabien RIVES 04/2025

L'utilisation d'une échelle logarithmique pour les superficies a permis de mieux visualiser les différences distributionnelles, compte tenu de la grande variabilité des tailles parcellaires observées.

L'analyse révèle une forte hétérogénéité dans la distribution des superficies parcellaires selon le type de propriétaire. Les valeurs médianes varient considérablement, créant un rapport allant de 1 à 28 entre les extrêmes. Cette disparité témoigne de logiques d'acquisition et de gestion foncières profondément différenciées entre acteurs.

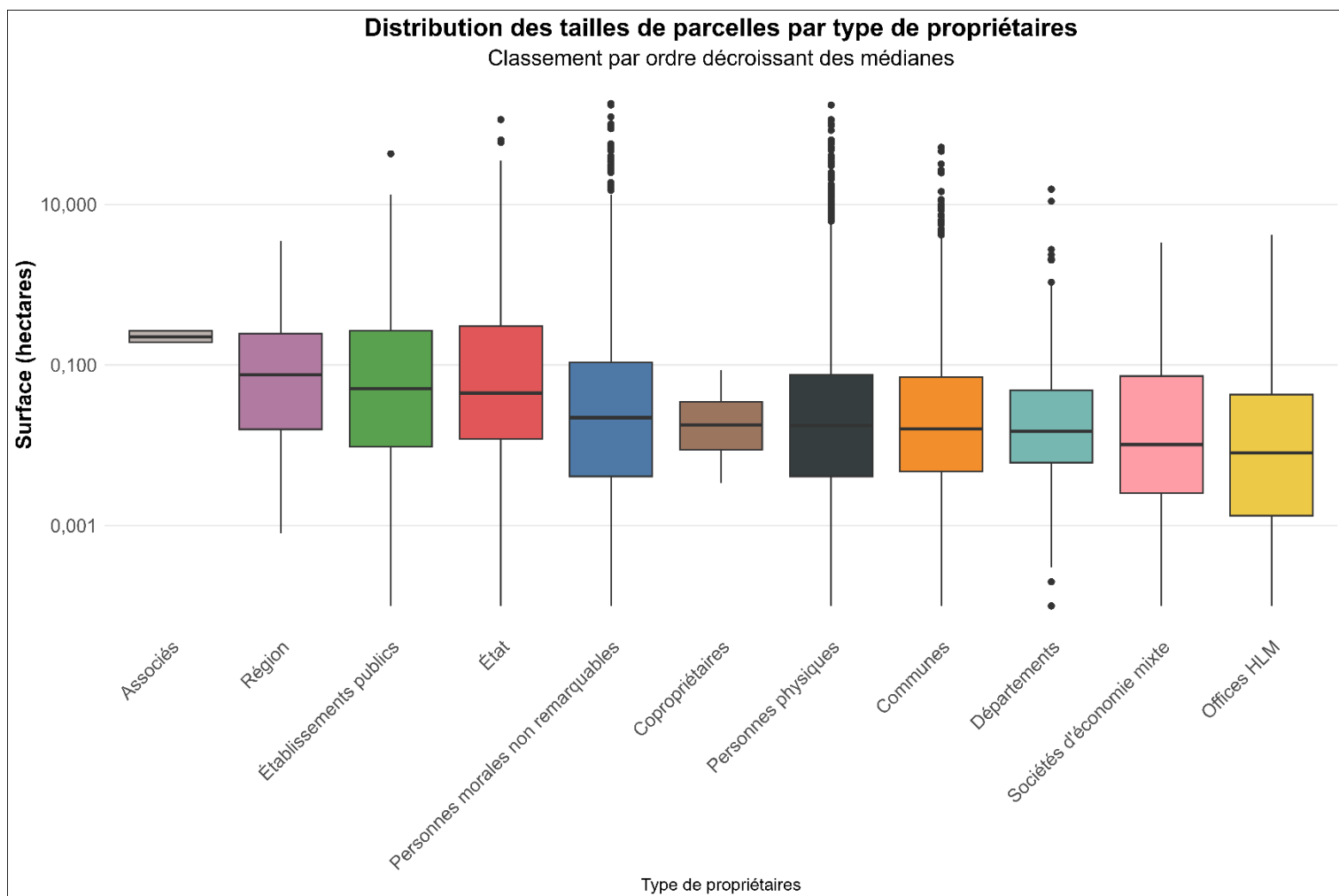


Figure 27 : Diagramme en boîte représentant la distribution des tailles de parcelles par type de propriétaires – Fabien RIVES 05/2025

Les parcelles appartenant aux Associés se démarquent par une taille médiane exceptionnellement élevée (0,2285 ha), largement supérieure à celle des autres propriétaires. Leur distribution présente une particularité frappante : un intervalle interquartile étroit avec des valeurs minimales et maximales correspondant exactement aux premier et troisième quartiles. Cette configuration suggère un nombre limité de parcelles aux caractéristiques similaires, probablement issues d'un même projet d'aménagement ou d'une politique foncière unifiée.

La Région affiche également une taille médiane élevée (0,0755 ha), mais avec un écart considérable entre premier quartile (0,01605 ha) et troisième quartile (0,24715 ha), témoignant d'une grande diversité dans ses possessions. Cette configuration reflète vraisemblablement la multiplicité des compétences régionales, allant de petites parcelles supportant des services administratifs jusqu'à des terrains plus vastes dédiés aux infrastructures ou constituant des réserves foncières.

Les Établissements publics et l'État présentent des profils similaires avec des médianes respectives de 0,05055 ha et 0,0448 ha, caractérisés par une amplitude remarquable entre valeurs minimales (proches de zéro) et maximales (42,73 ha pour les Établissements publics et 114,07 ha pour l'État). Cette distribution témoigne de la diversité des missions publiques, combinant petites parcelles urbaines en zone dense et vastes terrains périphériques.

À l'opposé du spectre, les Sociétés d'Économie Mixte et les Offices HLM présentent les médianes les plus faibles (respectivement 0,0102 ha et 0,0081 ha). Cette caractéristique s'explique par leur spécialisation dans le logement collectif, généralement implanté en milieu urbain dense sur des parcelles optimisées. Les valeurs maximales relativement modestes confirment une stratégie d'optimisation du foncier disponible plutôt que l'acquisition de vastes terrains.

Les parcelles communales se caractérisent par une taille médiane relativement faible (0,016 ha), complétée par quelques parcelles très étendues (jusqu'à 51,49 ha). Cette configuration illustre la nature variée des possessions communales : petites parcelles centrales abritant équipements publics et voiries, mais aussi des réserves foncières périphériques plus vastes.

Les départements affichent une médiane de 0,0149 ha et un intervalle interquartile relativement resserré, indiquant une certaine uniformité dans les tailles parcellaires, en cohérence avec leurs compétences spécifiques (collèges, centres médico-sociaux).

Les personnes physiques présentent une médiane de 0,0176 ha, proche de la médiane générale, mais avec une amplitude considérable allant de 0 à 173,28 ha, ceci reflète la diversité des situations individuelles, du petit terrain constructible jusqu'à la grande propriété agricole ou forestière.

Cette analyse des distributions de tailles parcellaires révèle plusieurs tendances stratégiques pour les politiques foncières métropolitaines :

- Premièrement, on observe une polarisation entre propriétaires publics (État, Région, Établissements publics) possédant plus fréquemment de grandes parcelles, et acteurs spécialisés dans le logement (Offices HLM, SEM) détenant majoritairement des parcelles réduites. Cette distinction reflète des missions et stratégies foncières différentes : constitution de réserves à long terme pour les premiers, optimisation immédiate du potentiel constructible pour les seconds.
- Deuxièmement, les nombreuses parcelles très petites que possèdent communes et départements constituent souvent un foncier résiduel difficilement valorisable isolément. Une stratégie de remembrement ou d'échanges parcellaires pourrait optimiser ce patrimoine dispersé.
- Troisièmement, les grandes parcelles publiques, particulièrement celles appartenant à l'État et aux Établissements publics, pourraient bénéficier de divisions parcellaires pour répondre plus précisément aux besoins d'aménagement et permettre une diversification des usages.

5. Analyse spatiale de la répartition géographique du gisement foncier par commune

Pour compléter notre étude de la structure de propriété du gisement foncier, il est essentiel d'examiner sa répartition géographique à l'échelle communale. Cette analyse spatiale permet d'identifier les territoires stratégiques concentrant le potentiel foncier et de comprendre comment les différents types de propriétaires se distribuent au sein de l'espace métropolitain.

Nos données révèlent une forte concentration du gisement foncier dans quelques communes seulement. Un groupe restreint de dix communes détient des surfaces foncières considérables représentant une portion majeure du territoire métropolitain. Port-Saint-Louis-du-Rhône arrive en tête avec 4 272 hectares, suivi par Fos-sur-Mer (4 060 hectares) et Aubagne (2 959 hectares), formant ainsi le trio dominant en superficie totale mobilisable.

Ces communes ne se distinguent pas uniquement par l'étendue de leur gisement foncier, mais également par des structures de propriété très contrastées qui reflètent leur histoire urbaine et leur positionnement fonctionnel au sein de la métropole.

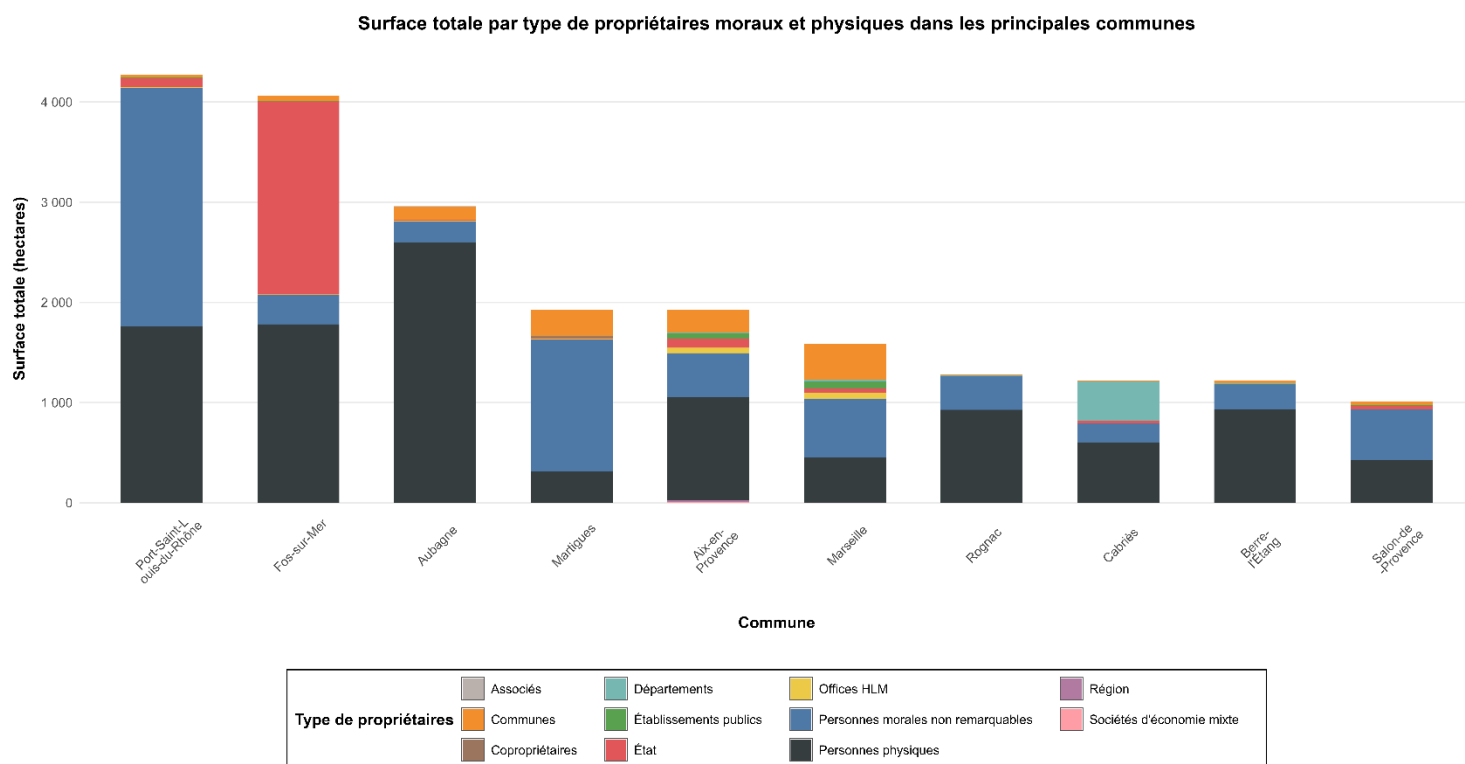


Figure 28 : Graphiques en barres représentant la surface totale par type de propriétaires dans les principales communes

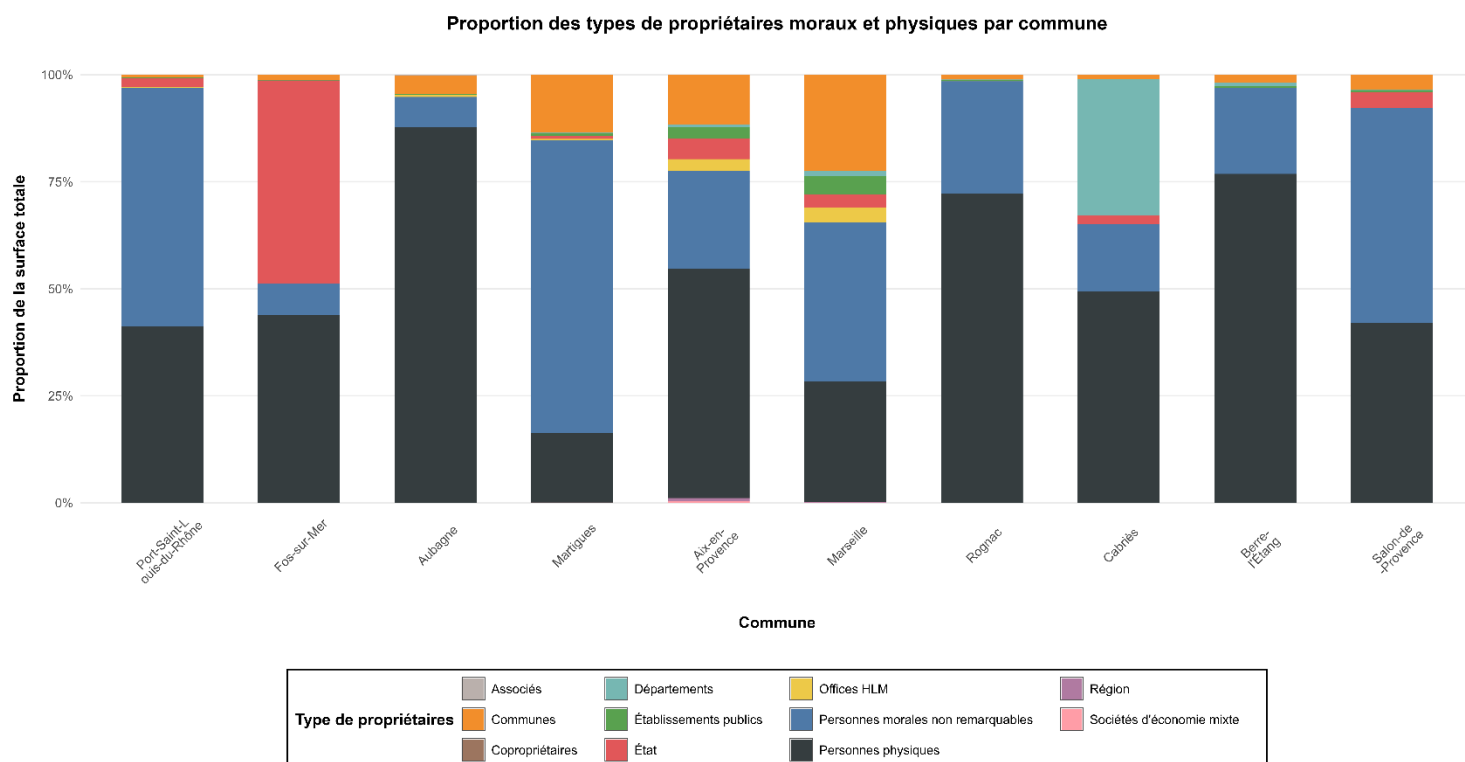


Figure 29 : Graphique en barres représentant la proportion des types de propriétaires par commune

L'analyse comparative des structures de propriété permet d'établir une typologie communale basée sur les profils fonciers prédominants :

- Port-Saint-Louis-du-Rhône et Fos-sur-Mer se caractérisent par l'importance considérable des terrains appartenant respectivement aux personnes morales non remarquables (55,6 % des surfaces, soit 2 377,4 ha pour Port-Saint-Louis-du-Rhône) et à l'État (47,4 %, soit 1 925,8 ha pour Fos-sur-Mer). Cette configuration reflète clairement l'empreinte des activités portuaires et industrielles liées au Grand Port Maritime de Marseille. La structure foncière de Port-Saint-Louis-du-Rhône illustre parfaitement les enjeux d'interface terre-mer caractérisant ce territoire spécifique. La forte présence de personnes morales non remarquables traduit l'importance des acteurs économiques liés aux activités portuaires et logistiques, tandis que la proportion

significative de propriétés appartenant aux personnes physiques (41,3 %, soit 1 763 ha) suggère l'existence d'un potentiel foncier privé substantiel.

- Fos-sur-Mer se distingue par la prépondérance marquée des propriétés étatiques, s'expliquant par l'implantation historique de la zone industrialo-portuaire et le rôle stratégique de ce territoire dans les infrastructures nationales. Cette configuration reflète la dualité du territoire fosséen, partagé entre espaces industriels d'intérêt national et zones résidentielles ou naturelles.
- Aubagne, Cabriès, Berre-l'Étang et Rognac affichent une forte proportion de propriétés détenues par des personnes physiques (variant entre 49,5 % et 87,8 %), démontrant leur caractère essentiellement résidentiel et l'importance du patrimoine foncier individuel. Aubagne présente un profil particulièrement marqué, avec une écrasante prédominance des propriétés appartenant aux personnes physiques (87,8 %, soit 2 596,9 ha). Cette structure reflète son histoire urbaine spécifique, marquée par un développement résidentiel considérable et un morcellement parcellaire prononcé, constituant un défi majeur pour toute politique foncière future.
- Marseille et Aix-en-Provence présentent une structure de propriété plus équilibrée entre diverses catégories d'acteurs. Montrant la complexité de ces territoires urbains où s'entrecroisent propriétés publiques (communes, départements, région), propriétés institutionnelles (offices HLM, établissements publics) et propriétés privées.
- Martigues se distingue par l'importance des propriétés possédées par la commune (261,9 ha, soit 13,6 % des surfaces), témoignant d'une politique volontariste de maîtrise foncière publique.

Cette analyse spatiale permet d'identifier plusieurs enjeux stratégiques cruciaux pour mobiliser efficacement le gisement foncier métropolitain :

- En premier lieu, le potentiel de mutabilité varie considérablement selon les territoires. Les communes où prédominent les propriétés publiques offrent théoriquement un

potentiel de mobilisation plus important, sous réserve d'une volonté politique et d'absence de contraintes techniques ou environnementales majeures. En revanche, les communes caractérisées par un fort morcellement de propriétés privées individuelles nécessiteront des stratégies complexes de remembrement ou d'acquisition progressive.

- Dans un second temps, la concentration géographique des enjeux fonciers est manifeste. Les dix communes possédant les superficies les plus vastes concentrent la majorité du gisement foncier métropolitain, suggérant l'intérêt d'orienter prioritairement les politiques foncières vers ces territoires spécifiques.
- Enfin, la diversité des acteurs à mobiliser implique une gouvernance foncière adaptée, associant judicieusement acteurs publics (État, collectivités territoriales) et privés (personnes physiques, entreprises) selon les caractéristiques propres à chaque territoire.

6. Classification Ascendante Hiérarchique des communes du gisement foncier métropolitain

L'analyse de la structure de propriété du gisement foncier métropolitain, développée dans les sections précédentes, révèle une complexité territoriale qui nécessite un approfondissement méthodologique. Les grands équilibres identifiés entre personnes morales et personnes physiques, bien qu'éclairants sur les dynamiques d'ensemble, masquent des disparités communales qu'il convient d'explorer plus finement.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) constitue un outil d'analyse statistique particulièrement adapté pour révéler des typologies territoriales, fondées sur des caractéristiques foncières objectives plutôt que sur des découpages administratifs préétablis. Cette méthode de classification non supervisée permet d'identifier des groupes homogènes de communes partageant des caractéristiques similaires en matière de potentiel foncier, tout en maximisant les différences entre ces groupes.

L'objectif de cette démarche classificatoire répond à une double exigence. Premièrement, simplifier la compréhension d'un territoire métropolitain complexe composé de 88 communes (possédant un PLU) aux profils diversifiés, en les organisant en typologies cohérentes et interprétables. Deuxièmement, fournir aux décideurs publics et aux acteurs de l'aménagement une grille de lecture opérationnelle permettant d'adapter les stratégies foncières aux spécificités territoriales identifiées.

Cette approche révèle des logiques territoriales qui ne correspondent pas nécessairement aux découpages institutionnels traditionnels. Une commune périphérique peut ainsi présenter un profil foncier similaire à celui d'une commune centrale si leurs caractéristiques convergent en matière de potentiel de développement, de structure de propriété ou de dynamiques de transformation. Cette lecture transversale du territoire métropolitain constitue un préalable indispensable à l'élaboration de politiques foncières différenciées et territorialisées.

La construction d'une typologie territoriale pertinente repose sur la sélection judicieuse de variables explicatives capables de caractériser les dimensions essentielles du potentiel foncier communal. Cette sélection s'appuie sur une approche multidimensionnelle visant à saisir les différentes facettes des dynamiques foncières territoriales.

Quatre variables ont été retenues pour leur capacité à révéler les caractères structurants du gisement foncier à l'échelle communale.

La variable MoyCommParcellesGFm2 exprime la moyenne par commune de la surface des parcelles du gisement foncier, mesurée en m². Cette variable capture la structure parcellaire du potentiel foncier disponible à l'échelle territoriale. Elle permet de distinguer les communes disposant de vastes réserves foncières constituées de grandes parcelles, propices aux opérations d'aménagement structurantes, de celles caractérisées par un foncier fragmenté nécessitant des approches de remembrement ou de densification progressive.

Cette dimension structurelle revêt une importance stratégique car elle conditionne directement les modalités opérationnelles de mobilisation du foncier. Les grandes parcelles facilitent la réalisation de projets d'envergure et permettent une planification intégrée des aménagements. À l'inverse, le foncier fragmenté complexifie les montages opérationnels mais peut offrir des opportunités de développement plus diffuses et mieux intégrées au tissu existant.

La variable naf09art24 quantifie le total des flux entre espaces NAF (Naturel, Agricole et Forestier) et territoires artificialisés sur la période 2009-2024. Cette variable mesure la dynamique d'artificialisation communale sur les quinze dernières années, révélant l'intensité des transformations foncières récentes et la pression de développement exercée sur chaque territoire.

Cette approche temporelle permet de distinguer les communes ayant connu une forte artificialisation, témoignant d'une dynamique de développement soutenue, de celles restées relativement stables, présentant soit un potentiel de mutation plus limité, soit des contraintes particulières à l'urbanisation. L'analyse de ces flux sur une période significative révèle les tendances lourdes de transformation territoriale, indépendamment des fluctuations conjoncturelles.

La variable REM exprime le Ratio Emploi-Ménages, calculé comme le rapport entre la variation du nombre d'emplois par hectare et la variation du nombre de ménages par hectare sur la période 2015-2021. Cette variable mesure l'équilibre territorial entre développement économique et résidentiel, révélant les spécialisations fonctionnelles communales.

Un ratio supérieur à 1 indique une croissance de l'emploi plus rapide que celle des ménages, caractérisant les territoires attractifs économiquement ou spécialisés dans certaines activités. Un ratio inférieur à 1 révèle une croissance résidentielle plus importante que l'offre d'emploi,

configuration typique des communes résidentielles périurbaines. Cette variable permet d'identifier les déséquilibres territoriaux et les potentiels de rééquilibrage.

La variable RSF caractérise le Ratio de Structure Foncière, calculé comme le rapport entre le nombre de personnes morales et le nombre de personnes physiques propriétaires par commune. Cette variable révèle la structure de propriété du territoire communal et ses implications pour la mobilisation foncière.

Un ratio élevé témoigne d'une forte présence d'acteurs institutionnels et d'entreprises dans la propriété foncière, configuration qui facilite potentiellement la mobilisation du foncier pour des projets d'envergure. Un ratio faible indique une prédominance de la propriété privée individuelle, situation qui complexifie les négociations foncières mais révèle un tissu social dense et diversifié.

La robustesse de la classification nécessite un prétraitement rigoureux des données visant à gérer les valeurs manquantes et à identifier les communes présentant des profils atypiques susceptibles de perturber l'analyse. Cette étape méthodologique représente une importance cruciale pour garantir la fiabilité des résultats.

Quatre communes ont été écartées de l'analyse en amont : Lamanon, Éguilles, La Barben et Vernègues. Cette exclusion est due à l'absence de Plan Local d'Urbanisme (PLU), rendant impossible leur comparaison avec les autres entités du territoire métropolitain.

La détection des valeurs aberrantes s'appuie sur la méthode de la distance de Mahalanobis, particulièrement adaptée aux données multivariées. Cette approche, plus sophistiquée que les méthodes de détection univariée, prend en compte les corrélations entre variables et identifie les observations dont la combinaison de caractéristiques s'écarte significativement du nuage principal de données.

En ne considérant que les communes situées au-delà du seuil des 99%, on assure une détection très restrictive qui n'isole que les cas vraiment extraordinaires. Cette approche permet de segmenter deux populations distinctes. Les communes aux profils standard qui servent de base à la construction de la typologie, et les communes atypiques qui sont secondairement rattachées au cluster le plus proche. Cette approche assure la stabilité statistique de la classification tout en conservant l'exhaustivité territoriale de l'analyse.

La robustesse de la typologie territoriale repose sur l'identification de la combinaison optimale entre méthode de calcul des distances et algorithme d'agrégation. Cette optimisation méthodologique constitue un préalable indispensable à l'interprétation substantielle des résultats.

Une approche systématique a été développée, testant quatre méthodes de distance (euclidienne, Manhattan, maximum, Canberra) combinées à quatre algorithmes d'agrégation (Ward.D2, complète, moyenne, simple), soit seize combinaisons possibles. L'évaluation de chaque combinaison s'appuie sur le coefficient cophénétique, qui mesure la fidélité avec laquelle le dendrogramme reproduit les distances originales entre observations.

Plus ce coefficient se rapproche de 1, plus la représentation hiérarchique demeure fidèle à la structure réelle des données. La combinaison optimale identifiée présente un coefficient cophénétique de 0,7614 en utilisant Canberra et la moyenne, indiquant une représentation de bonne qualité des relations de proximité entre communes.

En adoptant cette démarche méthodologique stricte, on s'assure que la classification finale traduit la véritable nature des données, sans être déformée par des biais méthodologiques. Elle constitue un préalable indispensable car une classification techniquement défailante pourrait conduire à des conclusions erronées sur l'organisation territoriale du gisement foncier métropolitain.

La question du nombre optimal de groupes constitue un enjeu méthodologique central dans toute démarche de classification territoriale. Deux approches complémentaires ont été mobilisées pour objectiver cette décision : la méthode du coude et l'analyse de la silhouette.

La méthode du coude examine l'évolution de la variance intra-cluster en fonction du nombre de groupes. Le principe consiste à identifier le point d'inflexion de la courbe, correspondant au nombre de clusters au-delà duquel le gain en homogénéité interne devient marginal. Cette approche graphique, bien qu'intuitive, présente parfois une certaine subjectivité dans l'identification du point optimal.

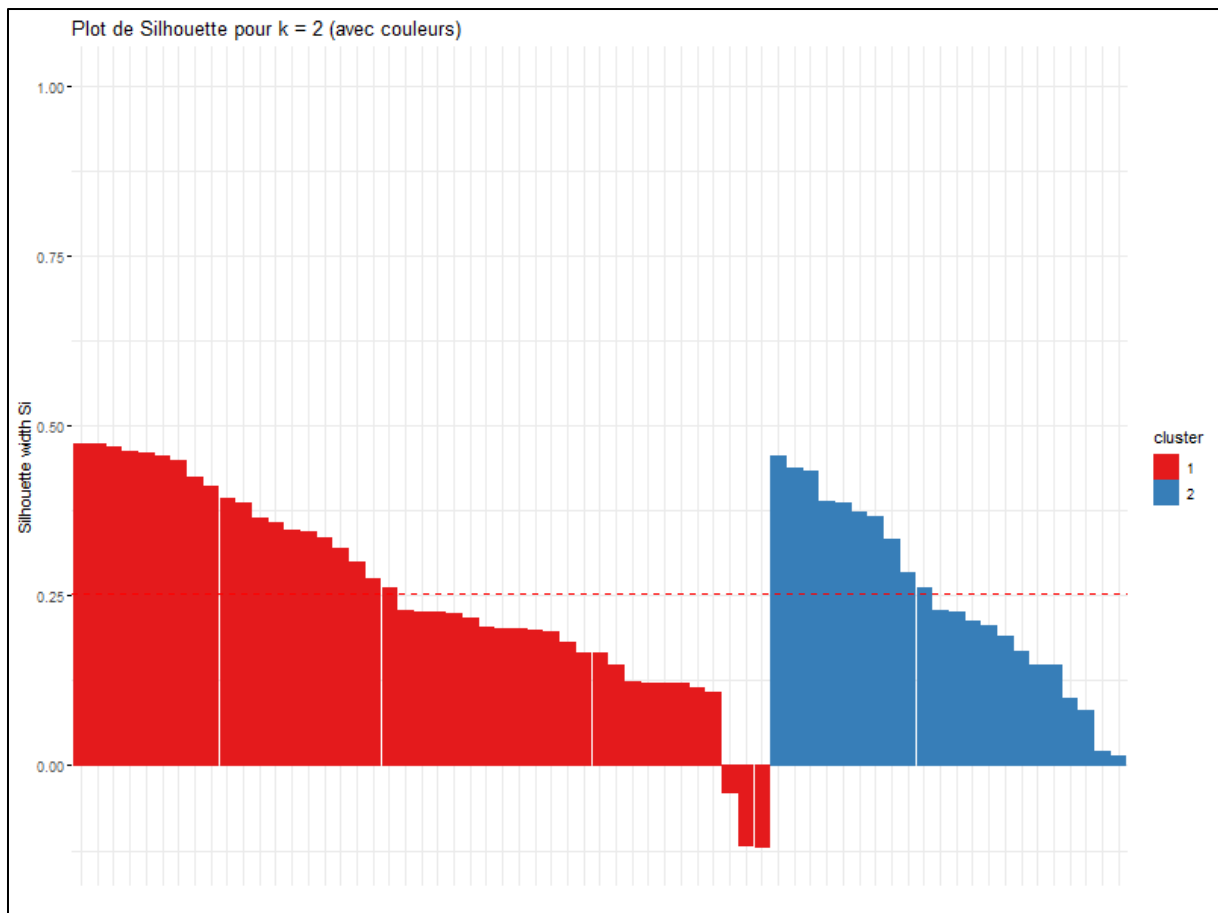


Figure 30 : Graphique de Silhouette pour l'évaluation des clusters avec $k = 2$ – Fabien RIVES 05/2025

L'analyse de la silhouette fournit une mesure plus objective en calculant, pour chaque observation, sa proximité moyenne aux membres de son propre cluster comparée à sa proximité au cluster le plus proche. Le coefficient de silhouette moyen pour un nombre donné de clusters indique la qualité globale de la partition : plus il est élevé, plus les clusters sont homogènes intérieurement et distincts entre eux.

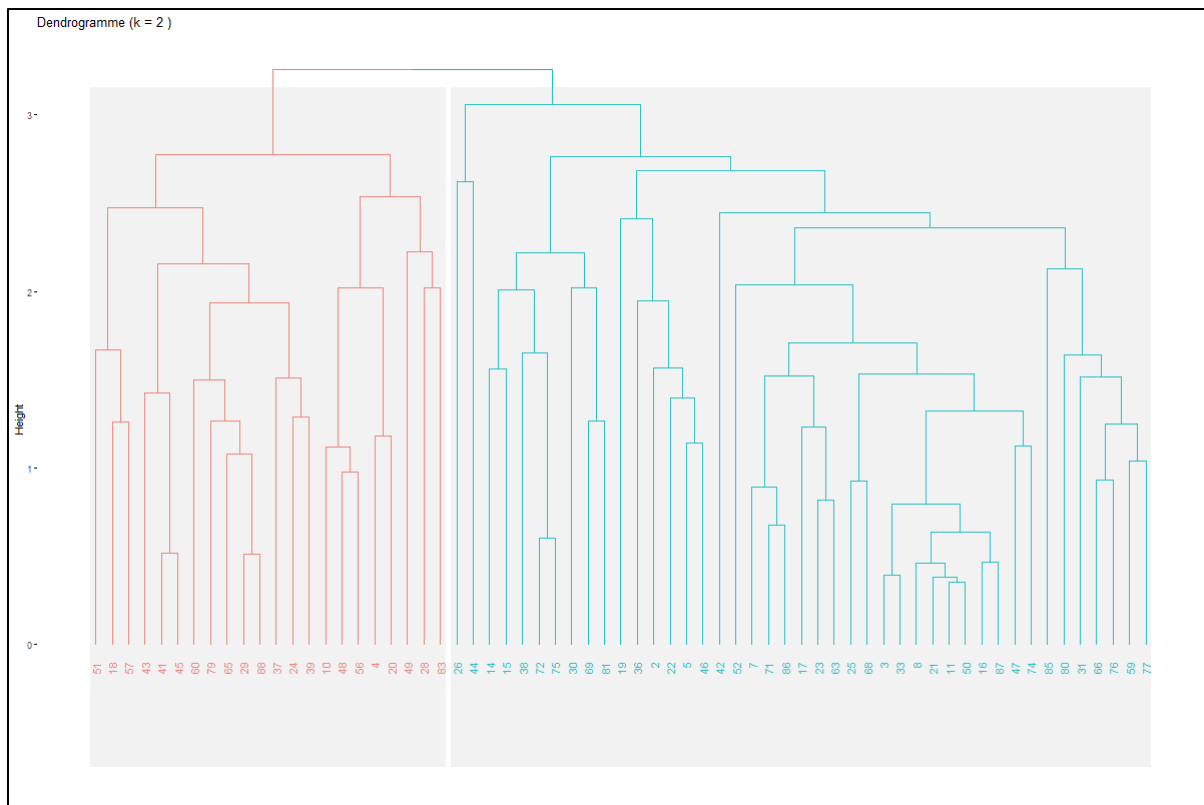


Figure 31 : Dendrogramme de classification pour $k = 2$ – Fabien RIVES 05/2025

Les résultats convergent vers une solution à deux clusters, qui maximise le coefficient de silhouette moyen. Cette solution binaire présente l'avantage de la simplicité interprétative tout en révélant une structuration territoriale significative. Elle correspond à une logique d'opposition fondamentale dans les profils fonciers métropolitains, distinguant deux grandes familles de communes aux caractéristiques contrastées.

La classification révèle une partition du territoire métropolitain en deux ensembles de tailles inégales mais cohérentes. Le Cluster 1 rassemble 62 communes du territoire analysé, tandis que le Cluster 2 regroupe 26 communes.

Cette répartition fait apparaître l'existence d'un profil foncier majoritaire caractérisant la plupart des communes métropolitaines, coexistant avec un profil spécialisé concernant un nombre plus restreint de territoires aux caractéristiques particulières. Cette structure binaire révèle une logique de différenciation territoriale forte au sein de la métropole, où coexistent deux modèles fonciers distincts.

Cette opposition territoriale ne constitue pas une simplification excessive mais capture une réalité fondamentale de l'organisation spatiale métropolitaine. Elle distingue les communes aux enjeux fonciers ordinaires de celles présentant des caractéristiques exceptionnelles en termes de potentiel, de structuration ou de contraintes spécifiques.

Le Cluster 1 rassemble la majorité des communes métropolitaines, caractérisées par des valeurs moyennes relativement modestes sur l'ensemble des variables analysées. La taille moyenne des parcelles du gisement foncier s'établit à 894 m², avec une médiane de 765 m².

Ces valeurs témoignent d'un potentiel foncier constitué principalement de parcelles de taille petite à moyenne, suggérant un tissu foncier fragmenté caractéristique des zones périurbaines où la propriété privée individuelle prédomine. Cette configuration indique que les opportunités de développement s'appuient davantage sur des opérations de densification progressive que sur de vastes projets d'aménagement structurants.

Les flux d'artificialisation sur la période 2009-2024 présentent une moyenne de 479 378 m², indiquant un niveau de transformation foncière modéré. Ces communes correspondent typiquement aux territoires périurbains de la métropole où l'artificialisation demeure limitée et où persistent d'importants espaces naturels ou agricoles. Cette caractéristique offre des opportunités d'extension urbaine maîtrisée, sous réserve de préservation des espaces à haute valeur environnementale.

Le Ratio Emploi-Ménages moyen de 1,11 confirme un équilibre territorial relativement stable entre développement économique et résidentiel. Cette valeur témoigne d'une croissance légèrement plus soutenue de l'emploi que des ménages sur la période 2015-2021, illustrant des territoires en développement modéré où l'attractivité économique accompagne la croissance démographique sans déséquilibre majeur.

Le Ratio de Structure Foncière moyen de 0,85 révèle une prédominance de la propriété privée individuelle sur la propriété institutionnelle. Cette situation témoigne d'un tissu social dense mais complexifie potentiellement la mobilisation du foncier pour de grands projets d'aménagement. Elle suggère la nécessité de développer des outils spécifiques d'accompagnement des propriétaires privés dans les projets de développement territorial.

Ce profil territorial correspond à des communes diversifiées telles qu'Allauch, Auriol, Cassis, Gémenos, ou encore Marseille qui, malgré sa taille, présente des caractéristiques foncières moyennes lorsque rapportées à sa superficie totale. Cette diversité au sein du cluster souligne

que la classification dépasse les oppositions urbain-rural traditionnelles pour révéler des logiques foncières transversales.

Le Cluster 2 regroupe 26 communes présentant des caractéristiques foncières exceptionnelles qui les distinguent nettement du profil métropolitain moyen. La taille moyenne des parcelles du gisement foncier atteint 2 372 m², avec une médiane de 1 254 m², soit plus du double des valeurs observées dans le Cluster 1.

Cette configuration témoigne d'un potentiel foncier constitué de parcelles de grande taille, propices aux opérations d'aménagement d'envergure et aux projets territoriaux structurants. Cette caractéristique révèle des opportunités de développement qualitativement différentes, permettant une planification intégrée et des montages opérationnels ambitieux.

Les flux d'artificialisation culminent à 1 334 323 m² en moyenne sur la période 2009-2024, révélant une dynamique de transformation foncière nettement supérieure. Ces communes correspondent aux pôles urbains majeurs de la métropole ou aux territoires spécialisés dans l'accueil d'activités consommatrices d'espace : zones industrialo-portuaires, plateformes logistiques, grands équipements métropolitains.

Cette artificialisation importante témoigne d'une pression de développement élevée et soulève des enjeux significatifs de planification territoriale et d'articulation entre développement et préservation des espaces naturels résiduels.

Le Ratio Emploi-Ménages moyen de 4,29 confirme le caractère exceptionnel de ces territoires en matière d'équilibre fonctionnel. Cette valeur élevée témoigne d'une croissance de l'emploi nettement supérieure à celle des ménages, caractérisant soit des pôles économiques attractifs, soit des territoires spécialisés dans certaines activités économiques. Cette configuration souligne l'importance de ces communes dans l'organisation économique métropolitaine et les enjeux de rééquilibrage territorial qu'elles soulèvent.

Le Ratio de Structure Foncière moyen de 1,50 révèle une forte présence d'acteurs institutionnels et d'entreprises dans la propriété foncière. Cette configuration facilite potentiellement la mobilisation du foncier pour des projets d'envergure tout en témoignant de la spécialisation fonctionnelle de ces territoires où les personnes morales détiennent une part importante du patrimoine foncier.

Ce cluster rassemble des communes aux profils apparemment diversifiés : Aubagne, Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône, Aix-en-Provence, Gardanne, Martigues. Cette diversité masque en réalité des logiques territoriales communes : concentration du potentiel foncier, enjeux d'aménagement structurants, nécessité d'arbitrages complexes entre développement économique et préservation environnementale.

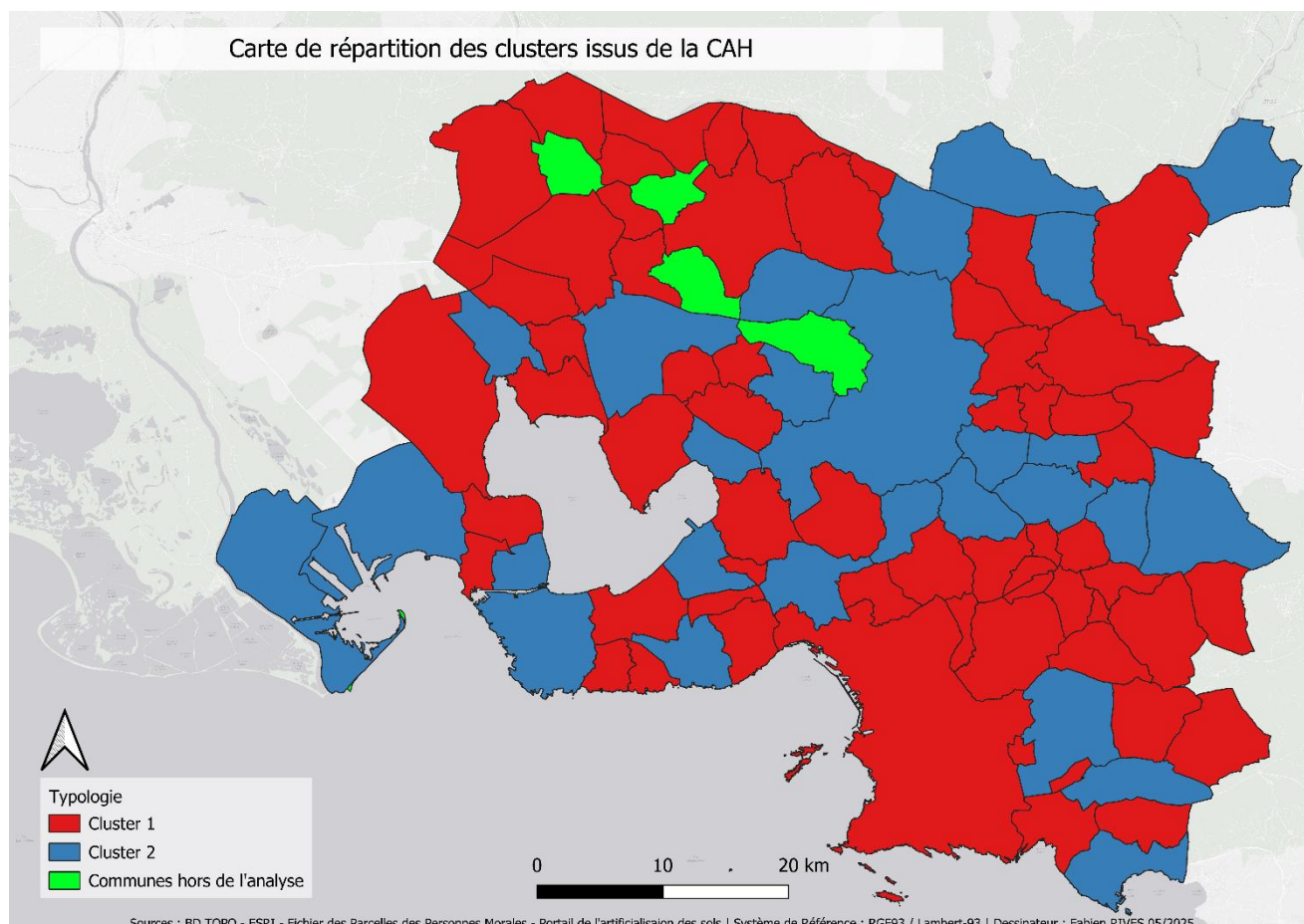


Figure 32 : Carte de répartition des cluster issus de la CAH – Fabien RIVES 05/2025

L'examen spatial des clusters révèle une organisation territoriale cohérente. Cette organisation transcende la proximité géographique simple. Elle révèle des logiques fonctionnelles structurantes. Le Cluster 1 se distribue de manière homogène sur le territoire métropolitain. Une prépondérance s'observe dans les espaces périurbains et ruraux de l'arrière-pays provençal.

Cette distribution confirme une réalité territoriale. Le profil foncier modéré caractérise la majorité du territoire métropolitain. Il s'étend des communes littorales aux territoires ruraux de

l'arrière-pays. Carry-le-Rouet et Cassis illustrent les communes littorales. Meyrargues représente les territoires ruraux.

Cette transversalité géographique valide la classification. Elle révèle des similitudes foncières indépendantes des contextes géographiques spécifiques. Marseille présente un cas notable. Malgré sa taille et son statut de métropole, elle appartient au Cluster 1. Ses caractéristiques moyennes de gisement foncier restent dans la norme métropolitaine. Ces caractéristiques sont rapportées à sa superficie totale.

Le Cluster 2 présente une distribution spatiale différente. Cette distribution est plus concentrée. Elle révèle des logiques d'organisation territoriale identifiables. Plusieurs configurations spatiales émergent de cette analyse.

L'axe industrialo-portuaire constitue une première logique structurante. Cet axe inclut Fos-sur-Mer, Port-Saint-Louis-du-Rhône et Martigues. Cette concentration révèle des enjeux spécifiques. Ces enjeux concernent le développement économique lié aux activités portuaires et industrielles. Cette situation témoigne de la spécialisation fonctionnelle de ces territoires. Elle révèle les opportunités et contraintes liées à leur vocation économique métropolitaine.

Les pôles urbains principaux forment une seconde configuration. Aix-en-Provence et Aubagne constituent ces pôles urbains. Ces centres correspondent aux centres historiques de développement métropolitain. Ils présentent des enjeux significatifs de densification et de renouvellement urbain. Leur appartenance au Cluster 2 souligne un point important. Elle révèle l'importance des opportunités foncières qu'ils recèlent. Ces opportunités persistent malgré leur forte urbanisation.

Les communes périurbaines en forte croissance constituent une troisième logique spatiale. Bouc-Bel-Air, Châteauneuf-le-Rouge et Peynier illustrent ces communes. Ces territoires bénéficient de la pression de développement. Cette pression est exercée par les pôles urbains voisins. Leur classement dans le Cluster 2 témoigne de l'intensité des transformations foncières. Ces transformations caractérisent leur évolution récente.

Cette configuration révèle un phénomène particulier. Certains territoires ruraux intègrent le Cluster 2. Peyrolles-en-Provence illustre cette situation. Cette intégration suggère des dynamiques foncières spécifiques. Ces dynamiques s'expliquent par des projets d'aménagement particuliers. Elles révèlent également des opportunités de développement exceptionnelles.

La répartition spatiale des clusters fait apparaître des discontinuités significatives qui éclairent les logiques complexes de développement métropolitain. Certaines communes du Cluster 2 apparaissent isolées au sein d'environnements territoriaux dominés par le Cluster 1, suggérant des dynamiques foncières spécifiques liées à des projets particuliers, des opportunités foncières exceptionnelles ou des héritages historiques.

Cette fragmentation spatiale témoigne de la complexité des processus de développement métropolitain, où les logiques foncières ne suivent pas nécessairement les gradients urbains traditionnels. Une commune rurale peut présenter un potentiel foncier exceptionnel en raison d'un projet d'infrastructure ou d'une reconversion d'activité, tandis qu'une commune périurbaine proche d'un pôle urbain peut conserver un profil foncier modéré.

Ces discontinuités territoriales soulèvent des enjeux importants de coordination intercommunale et métropolitaine. Les communes du Cluster 2 exercent potentiellement des effets d'entraînement ou de concurrence sur leurs voisines du Cluster 1, nécessitant des approches de planification intégrée dépassant les échelles communales traditionnelles.

7. Perspectives d'ensemble sur la dynamiques d'urbanisation de la propriété foncière

L'analyse des relations liant propriétaires et développement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence révèle plusieurs constats essentiels pour comprendre les dynamiques foncières actuelles.

Le gisement foncier se partage presque également entre personnes morales (49,5 %) et personnes physiques (50,5 %). Cette parité exige que toute mobilisation foncière efficace implique simultanément acteurs institutionnels et propriétaires particuliers, rendant nécessairement complexes les méthodes opérationnelles.

Parmi les personnes morales possédant des terrains, les entités non remarquables dominent largement (57,3 % des surfaces), soulignant ainsi le rôle crucial des acteurs privés dans le développement urbain futur. Les communes détiennent 18,2 % du foncier avec un patrimoine souvent fragmenté, tandis que l'État possède 15,5 % principalement sous forme de grandes emprises cohérentes.

L'étude des tailles parcellaires montre d'importantes disparités reflétant diverses stratégies : réserves extensives constituées par certains acteurs publics, optimisation maximale du foncier pratiquée par les opérateurs de logement, situations très diverses caractérisant les propriétaires privés.

La distribution spatiale du gisement foncier montre une forte concentration dans quelques communes stratégiques. Les structures de propriété varient considérablement selon les territoires : zones à dominante industrialo-portuaire, espaces résidentiels périurbains, complexité foncière des centres urbains principaux, ou territoires où prédominent les propriétés communales.

Ces résultats permettent d'identifier plusieurs axes stratégiques essentiels pour élaborer des politiques foncières visant un développement territorial mieux maîtrisé.

L'équilibre constaté entre personnes morales et physiques dans le gisement foncier nécessite des politiques foncières différenciées selon le type de propriétaires :

- Les entreprises et associations détenant une part majeure du potentiel foncier nécessitent des stratégies de négociation structurées, l'établissement de partenariats public-privé, la création de dispositifs fiscaux ou réglementaires incitatifs, voire l'application de politiques de préemption ciblant les sites stratégiques. Des observatoires fonciers apparaissent indispensables pour mieux connaître leur patrimoine et anticiper leurs intentions.
- Les propriétaires particuliers, majoritaires notamment dans les zones agricoles destinées à l'urbanisation, appellent des approches spécifiques tenant compte de leur multiplicité et des logiques patrimoniales diverses qui les animent (remembrement, association foncière urbaine, zone d'aménagement concerté, etc.).
- La présence significative des communes dans le gisement foncier, malgré le morcellement fréquent des parcelles, crée des opportunités directes pour réaliser des projets publics ou initier des partenariats sur sites stratégiques. Constituer des réserves foncières communales et gérer activement ce patrimoine constituent des leviers d'action importants.

- Le potentiel considérable concentré dans les grandes emprises appartenant à l'État invite à renforcer les mécanismes de dialogue et d'accords formalisés entre celui-ci et les collectivités locales afin de mobiliser ce foncier public pour servir les projets prioritaires du territoire.
- La faible présence des offices HLM en tant que détenteurs directs de foncier dans le gisement soulève des questions sur leur capacité à agir seuls comme moteurs de production de logements abordables. Cette situation suggère la nécessité de renforcer les outils leur permettant d'accéder plus facilement au foncier, notamment en ciblant des terrains appartenant aux personnes morales non remarquables ou mis à disposition par les collectivités.

La propriété foncière varie considérablement selon les types d'occupation du sol, nécessitant des approches distinctes:

Concernant les territoires artificialisés qui peuvent être renouvelés, où le foncier se partage à parts égales entre propriétaires particuliers et organisations, il faut combiner actions publiques directes et aides pour les propriétaires privés.

Pour les territoires agricoles destinés à l'urbanisation future, majoritairement détenus par des personnes physiques, la situation nécessite des outils spécifiques de planification et d'aménagement adaptés à un foncier morcelé appartenant à de multiples propriétaires individuels.

Quant aux zones humides et aux espaces naturels sensibles, ces milieux appellent prioritairement des stratégies de protection et de gestion environnementale prenant en compte la forte présence de propriétaires particuliers.

Dans le cadre de l'optimisation des politiques foncières au sein des métropoles, il est crucial de prendre en compte les dynamiques locales et les acteurs clés du marché. Cette analyse suggère plusieurs implications majeures pour orienter ces politiques. Il est essentiel d'adapter les

approches en fonction des spécificités locales, en tenant compte de la structure de propriété et de la taille des parcelles dans chaque territoire. Le développement de partenariats public-privé innovants s'avère crucial, étant donné l'équilibre observé entre ces deux grandes catégories de propriétaires. Les efforts doivent être concentrés sur les territoires présentant un potentiel foncier élevé, en particulier dans les dix communes identifiées comme détenant le gisement le plus important. Enfin, il est fondamental de reconnaître le rôle stratégique des grands propriétaires institutionnels, tels que l'État, les communes et les établissements publics, qui constituent des acteurs fonciers majeurs dans plusieurs territoires clés.

Le gisement foncier potentiel dépasse largement la simple notion de réserve de terrains disponibles et interchangeables. Il forme un système complexe comprenant droits, stratégies d'acteurs, contraintes réglementaires et opportunités de développement, dont la structure de propriété constitue une composante essentielle variant fortement selon les acteurs et les territoires.

Cette étude représente une première étape fondamentale dans la caractérisation précise du gisement foncier métropolitain. Un approfondissement intégrant les contraintes techniques, environnementales et réglementaires susceptibles de limiter la mobilisation effective des terrains identifiés enrichirait considérablement l'analyse. Une approche dynamique étudiant l'évolution temporelle de la structure de propriété permettrait également de mieux comprendre les tendances actuelles et d'anticiper les transformations futures du territoire.

L'intégration de cette dimension spatiale et structurelle dans les réflexions stratégiques sur le foncier constitue un prérequis indispensable pour élaborer des politiques adaptées aux enjeux spécifiques des différents territoires composant la Métropole Aix-Marseille-Provence. Elle permet d'identifier clairement les leviers d'action prioritaires et les partenariats nécessaires pour optimiser la mobilisation du gisement foncier au service d'un développement territorial équilibré et durable.

Mobiliser efficacement ce potentiel exigera une approche nuancée, adaptée aux particularités des différents segments du gisement et aux caractéristiques propres de chaque grande catégorie de propriétaires. La compréhension fine de qui possède quoi, et où, représente plus que jamais une condition préalable indispensable pour élaborer des politiques foncières efficaces dans ce territoire métropolitain complexe et stratégique.

III. Restitution interactive de résultats : webmapping

A. Contexte et enjeux de la visualisation géographique interactive

La recherche géographique contemporaine dépasse désormais largement les supports statiques traditionnels, les cartes papier révélant aujourd'hui leurs limites face à la complexité territoriale moderne, tandis que les graphiques figés peinent à restituer les dynamiques spatiales complexes qui caractérisent nos territoires. Bien que ces outils traditionnels aient fait leurs preuves pendant des décennies, ils ne répondent plus aux attentes d'interactivité d'un public contemporain habitué aux interfaces numériques, exigeant désormais des outils dynamiques et accessibles, capables de s'adapter aux besoins diversifiés des utilisateurs.

Les dynamiques foncières présentent par ailleurs une nature fondamentalement multidimensionnelle, évoluant selon des temporalités différenciées où les interactions entre acteurs territoriaux se multiplient et se complexifient, exigeant donc des visualisations spécifiquement adaptées à leur complexité. La Métropole d'Aix-Marseille-Provence illustre parfaitement ces enjeux contemporains en conjuguant des espaces urbains denses avec des zones périurbaines en pleine mutation, alors que les espaces naturels subissent des pressions croissantes, cette remarquable diversité territoriale exigeant par conséquent des outils de visualisation particulièrement sophistiqués.

Le webmapping répond efficacement à ces défis contemporains en offrant des possibilités inédites d'exploration géographique qui transforment profondément l'analyse et la communication des données spatiales, ouvrant de nouvelles perspectives pour la recherche géographique. L'accessibilité constitue indéniablement un avantage majeur de cette approche technologique, l'information devenant ainsi disponible à tout moment grâce à une simple connexion internet, cette facilité d'accès transcendant les contraintes spatiales et temporelles qui caractérisaient les approches traditionnelles.

Cependant, c'est l'interactivité qui représente l'atout principal de cette technologie, l'utilisateur devenant acteur de sa propre exploration en choisissant les couches d'information selon ses besoins spécifiques, la navigation s'effectuant ainsi à différentes échelles tandis que l'accès aux données attributaires se fait par simple interaction avec les éléments cartographiques. Cette approche interactive favorise une appropriation progressive de l'information, permettant à

chaque utilisateur de personnaliser son exploration territoriale, la compréhension s'enrichissant ainsi par l'expérimentation directe et créant une dynamique d'apprentissage particulièrement efficace.

B. Conception et architecture de la plateforme

L'application cartographique répond à des objectifs stratégiques doubles, soigneusement définis, visant d'abord les décideurs publics et privés qui disposent ainsi d'un outil de planification efficace où la visualisation intuitive facilite leur compréhension des enjeux fonciers métropolitains, tandis que le grand public constitue le second public cible de cette plateforme.

Cette dualité du public a naturellement orienté les choix de conception, l'interface combinant donc simplicité d'utilisation et richesse fonctionnelle pour permettre aux néophytes de trouver une prise en main immédiate, pendant que les utilisateurs experts accèdent à des analyses approfondies, c'est un outil adaptatif qui s'ajuste aux différents niveaux de compétence, les attentes diverses des utilisateurs trouvant satisfaction dans cette flexibilité conceptuelle qui garantit une expérience utilisateur optimale pour chaque profil.

Les solutions open-source ont guidé l'ensemble des choix technologiques, cette orientation stratégique garantissant non seulement la pérennité du projet, mais assurant également sa reproductibilité et son adaptabilité future. Leaflet.js constitue le socle technique de l'application, cette bibliothèque JavaScript bénéficiant d'une reconnaissance large dans la communauté des développeurs. Cette bibliothèque présente des avantages décisifs multiples. Elle supporte nativement de nombreux fonds cartographiques, tandis que les performances restent optimales sur différents appareils. L'architecture modulaire facilite par ailleurs la maintenance applicative. Les évolutions futures s'intègrent donc aisément dans cette structure, la flexibilité technique répond aux besoins évolutifs du projet.

Le format GeoJSON structure les données géographiques selon un standard web permettant une adoption massive, ce format est particulièrement appréciable puisque machines et humains y accèdent facilement, facilitant ainsi les échanges entre plateformes tout en assurant une compatibilité optimale avec les outils de développement modernes et une intégration fluide

dans l'écosystème web actuel. Les données s'organisent en couches thématiques distinctes avec : les limites administratives (communes et EPCI), les zones de gisement foncier, le zonage PLU ainsi qu'une couche portée sur l'analyse des propriétaires moraux du gisement foncier par commune.

GitHub Pages a été retenu pour héberger le site en raison de son rapport coût-efficacité optimal : cette solution gratuite offre une infrastructure fiable et un déploiement simplifié, avec un espace de stockage d'1 Go suffisant pour nos besoins. L'hébergement sur un dépôt public présente également un avantage scientifique majeur en permettant l'accès libre au code source, favorisant ainsi la reproductibilité de la recherche et le partage des connaissances dans la communauté académique.

L'architecture de l'application suit les principes du développement web moderne en respectant la séparation des préoccupations. Cette organisation en trois couches facilite la maintenance du code et permet une évolution flexible de l'application.

- Le fichier HTML (index.html) définit l'ossature sémantique applicative, organisant les éléments d'interface selon une hiérarchie logique.
- La feuille de style CSS (styles.css) orchestre l'expérience visuelle complète en définissant l'apparence des éléments graphiques. Les animations et transitions y sont programmées, ces éléments contribuant à la fluidité.
- Le fichier JavaScript (script.js) concentre la logique interactive, gérant les événements utilisateur en temps réel. La manipulation dynamique des couches cartographiques s'y opère, tandis que les algorithmes d'optimisation des performances y sont implémentés. L'affichage des données volumineuses bénéficie ainsi de ces optimisations.

L'optimisation des performances repose sur une stratégie de chargement intelligent. Les fichiers GeoJSON se chargent uniquement quand l'utilisateur en a besoin (chargement à la demande), ce qui évite d'attendre au démarrage de l'application. L'application se charge donc progressivement selon les actions de l'utilisateur, améliorant son expérience. Un système de cache conserve en mémoire les données déjà consultées, évitant ainsi de les recharger inutilement. Cette mise en cache permet une navigation plus fluide entre les différentes couches cartographiques et une interface plus réactive.

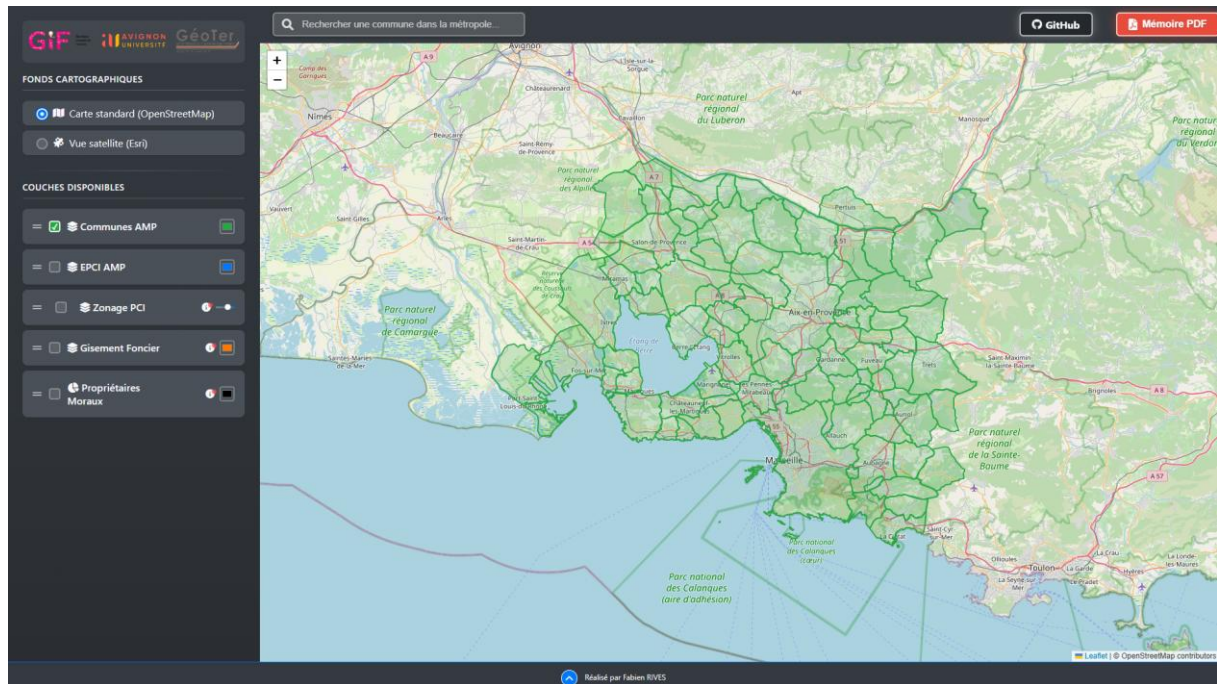


Figure 33 : Visualisation de l'interface en général

L'interface repose sur des principes ergonomiques éprouvés privilégiant la simplicité. Chaque élément évite la surcharge pour favoriser une appropriation rapide par tous les utilisateurs, tandis que les fonctionnalités avancées restent accessibles sans encombrer visuellement l'interface. La disposition suit les conventions cartographiques web établies : menu de contrôle à gauche, barre de recherche en haut au centre, et informations contextuelles qui apparaissent par interaction avec la carte. Cette familiarité réduit la courbe d'apprentissage et permet une utilisation immédiate.

Une hiérarchie visuelle claire guide l'utilisateur à travers l'interface en mettant en avant les éléments essentiels comme la recherche et la sélection des couches. L'utilisation cohérente de la couleur, de la typographie et des espacements crée une expérience utilisateur harmonieuse qui renforce la crédibilité de l'outil.

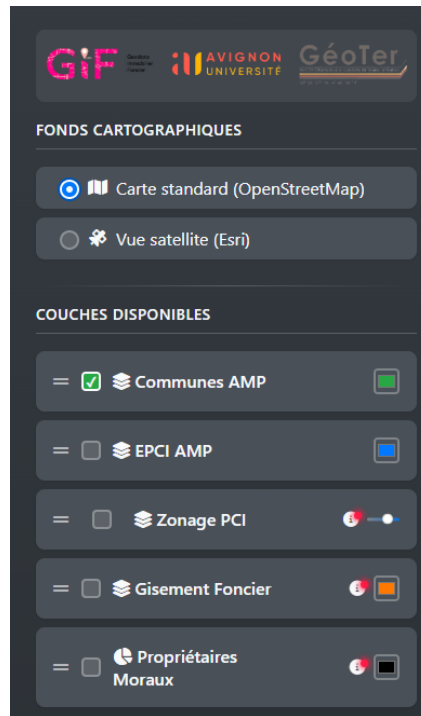


Figure 34 : Menu latéral du site

Le menu latéral regroupe les contrôles principaux dans un espace optimisé. La section de sélection des fonds cartographiques permet de basculer facilement entre la vue standard OpenStreetMap et la vue satellite Esri, répondant aux différents besoins de visualisation. La gestion des couches thématiques s'effectue via des cases à cocher offrant un contrôle direct sur l'affichage. Chaque couche dispose d'icônes explicites et de contrôles de personnalisation permettant de modifier la couleur et même l'opacité pour la couche du zonage du PLU. Un système de glisser-déposer permet de réorganiser l'ordre d'affichage des couches selon les besoins d'analyse.

La barre de recherche, placée en haut de l'interface, permet d'identifier instantanément les communes de la Métropole grâce à un algorithme de recherche intelligente avec saisie semi-automatique et mise en surbrillance des correspondances pour guider la sélection. La sélection d'une commune déclenche un zoom fluide et progressif vers la zone d'intérêt, maintenant le contexte spatial lors des changements d'échelle.

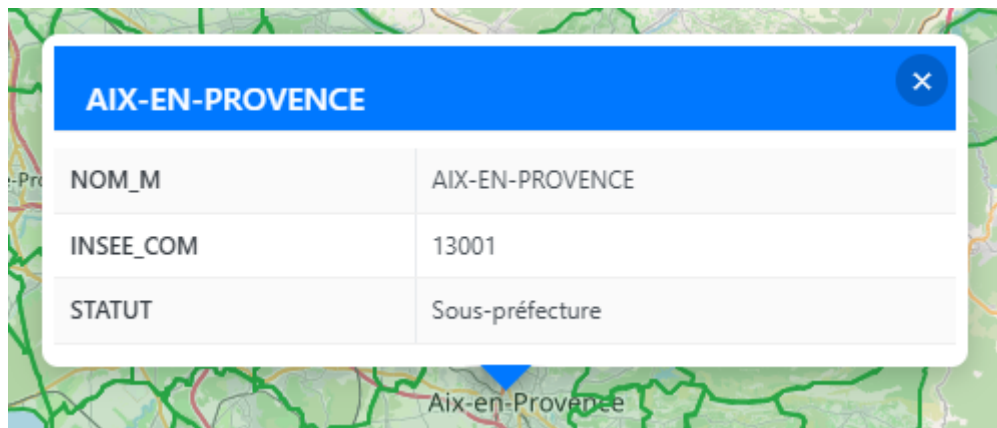


Figure 35 : Exemple de pop-up avec la couche communale

Le système des pop-ups constitue un élément central de l'expérience utilisateur. Chaque interaction cartographique ouvre une fenêtre contextuelle respectant une hiérarchie informationnelle claire : titre principal, informations essentielles organisées en tableau, et données complémentaires accessibles par actions secondaires. L'affichage s'adapte automatiquement au type de données consultées : les communes révèlent leurs informations administratives, le gisement foncier expose ses critères d'inclusion et d'exclusion, tandis que les données statistiques génèrent des visualisations graphiques dynamiques intégrées directement dans les pop-ups. La couche sur l'analyse des propriétaires moraux génère des diagrammes circulaires en temps réel, rendant la compréhension des proportions intuitive et facilitant les comparaisons entre communes. Un système d'agrandissement permet aux utilisateurs d'approfondir leur analyse et d'intégrer ces visualisations dans leurs documents de travail.

C. Fonctionnalités interactives et optimisation des performances

L'application implémente un système de gestion des couches permettant la superposition de plusieurs jeux de données pour répondre aux besoins d'analyse diversifiés. Chaque couche bénéficie d'un contrôle indépendant d'activation avec possibilité de modifier l'opacité et de réorganiser l'ordre d'affichage par simple glisser-déposer. Cette flexibilité permet des combinaisons d'affichage sur mesure comme par exemple la superposition du gisement foncier et du zonage PLU qui révèle le potentiel de développement.

La gestion des données volumineuses constitue un défi majeur résolu par un système d'adaptation dynamique selon l'échelle de visualisation. À faible niveau de zoom, les données du gisement foncier s'agrègent sous forme de clusters proportionnels où chaque cercle représente un groupe d'entités spatiales, la taille reflétant le nombre d'éléments contenus. Cette approche offre une vision d'ensemble des concentrations spatiales tout en évitant la surcharge visuelle. Le zoom avant déclenche un basculement progressif vers les géométries réelles permettant l'analyse locale précise, cette transition s'effectuant de manière fluide selon le niveau de zoom et le nombre d'entités visibles.

L'optimisation des performances repose sur des stratégies de prétraitement spécifiques des données géospatiales. Les centroïdes des parcelles font l'objet d'un calcul en amont et se stockent comme propriétés des objets GeoJSON, accélérant considérablement les calculs de visibilité en temps réel. Cette optimisation maintient des temps de réponse acceptables même avec plusieurs milliers d'entités géographiques, sur différents types d'appareils et avec des connexions internet variables.

L'application implémente également un système de chargement progressif des données évitant la saturation de bande passante au premier accès. Les fichiers GeoJSON se chargent de manière asynchrone selon les besoins, tandis qu'un cache côté client stocke ces données localement pour réduire les temps de chargement lors des consultations ultérieures. Cette approche technique contribue significativement à l'accessibilité de l'outil, particulièrement importante dans un contexte de démocratisation de l'information territoriale où les utilisateurs disposent souvent de connexions internet de qualité variable.

La fonctionnalité de recherche dépasse la localisation textuelle simple en intégrant des algorithmes de recherche spatiale intelligente. La saisie semi-automatique propose des suggestions pertinentes dès les premiers caractères, le système privilégie les correspondances exactes puis l'ordre alphabétique pour faciliter la navigation dans les résultats. La transition vers les zones sélectionnées s'effectue via une animation fluide maintenant la continuité spatiale et conservant les repères géographiques lors des changements d'échelle. L'application intègre également des fonctionnalités d'export permettant d'ouvrir les visualisations graphiques dans des fenêtres séparées et de faciliter leur intégration dans des documents de travail et présentations.

D. Données intégrées et richesse informative

L'application intègre plusieurs niveaux d'information administrative qui situent les analyses dans leur contexte institutionnel approprié. Les limites communales de la Métropole d'Aix-Marseille-Provence constituent la référence de base, complétées par les périmètres des EPCI pour permettre une compréhension des enjeux intercommunaux. Ces données de référence s'enrichissent d'informations contextuelles détaillées.

La couche dédiée au zonage du PLU apporte un éclairage essentiel en révélant les règles d'urbanisme en vigueur sur le territoire. Cette information souvent complexe et pas forcément facile d'accès pour le grand public devient accessible grâce à une interface graphique intuitive utilisant des couleurs distinctives associées à une légende explicative claire. L'intégration d'un contrôle d'opacité permet à cette couche de se superposer avec d'autres informations sans masquer les détails géographiques, rendant possible l'analyse croisée des contraintes réglementaires et des potentialités foncières.

La couche représentant le gisement foncier constitue le cœur analytique de l'application en matérialisant spatialement les résultats des traitements géomatiques préalables. Chaque entité intègre les informations relatives aux critères d'inclusion et d'exclusion, permettant aux utilisateurs de comprendre les méthodes ayant conduit à l'identification de ces espaces. Cette transparence méthodologique renforce la crédibilité scientifique de l'outil et permet aux utilisateurs de valider ou questionner les résultats présentés, favorisant ainsi le débat scientifique constructif.

Les données relatives aux propriétaires moraux bénéficient d'un traitement graphique spécifique où les statistiques deviennent des visualisations immédiatement compréhensibles. Les diagrammes circulaires se génèrent dynamiquement selon les données, révélant les spécificités communales en matière de structure foncière (des propriétaires moraux) et facilitant les comparaisons territoriales grâce à cette approche visuelle. Cette méthode de visualisation contribue à révéler des patterns spatiaux particuliers qui échapperaient à une analyse purement tabulaire des données, enrichissant ainsi la compréhension des dynamiques territoriales métropolitaines.

E. Impact, perspectives et bilan critique

Cette plateforme a un impact important car elle rend accessible l'information territoriale habituellement réservée aux professionnels. L'application aide les personnes à mieux comprendre les enjeux d'aménagement grâce à son aspect pédagogique. L'exploration interactive permet une compréhension progressive des mécanismes fonciers et urbains. Cette approche va au-delà de la simple consultation d'informations : l'utilisateur construit sa propre compréhension en interagissant avec l'outil.

Les professionnels de l'aménagement trouvent dans cette plateforme un outil d'aide à la décision efficace. La visualisation simultanée de différentes couches d'information facilite l'identification d'opportunités et révèle les conflits d'usage potentiels. L'interface intuitive en fait un support idéal pour la concertation publique où les enjeux peuvent être illustrés concrètement lors de réunions, facilitant le dialogue entre acteurs de compétences diverses.

L'architecture modulaire permet plusieurs évolutions futures. L'intégration de données en temps réel pourrait inclure les transactions immobilières actuelles et les permis de construire délivrés. Le développement d'algorithmes d'intelligence artificielle ouvre des perspectives prometteuses pour créer des fonctionnalités d'analyse prédictive qui anticiperaient les évolutions foncières futures. Une évolution participative permettrait aux utilisateurs de signaler directement les modifications territoriales, enrichissant la base de données par le partage d'observations locales.

L'utilisation exclusive de technologies open source garantit la reproductibilité complète de l'approche. L'hébergement du code source sur GitHub qui est une plateforme publique facilite cette reproduction. D'autres territoires peuvent s'inspirer de cette méthodologie pour développer leurs propres outils.

Le développement de cette plateforme valide l'intérêt d'une approche qui combine rigueur scientifique dans le traitement des données et accessibilité dans leur présentation. Cette démarche montre comment les technologies web modernes peuvent servir des objectifs de recherche appliquée tout en répondant aux enjeux de transparence et de participation citoyenne. L'expérience démontre l'importance de concevoir des outils accessibles à différents publics dès l'origine.

L'application reste soumise aux contraintes des technologies web actuelles. Les performances sur les appareils mobiles anciens peuvent se dégrader et les connexions internet lentes affectent parfois l'expérience utilisateur.

Cette plateforme illustre la convergence entre technologies accessibles et méthodologies rigoureuses au service d'objectifs scientifiques ambitieux. La combinaison harmonieuse entre données spatiales, interactivité et design ergonomique produit un outil offrant à la fois puissance analytique et accessibilité démocratique. Au-delà de la simple présentation, cette plateforme propose une approche interactive pour diffuser la recherche géographique. Elle participe à rendre la science plus transparente et plus profitable à tous.

URL de l'outil : <https://fabienrives.github.io/Memoire AMP/>

Repositorie GitHub (code source) : <https://github.com/FabienRives/Memoire AMP>

Conclusion

Ce mémoire examine la relation étroite entre profils de propriété foncière et dynamiques d'urbanisation avec étalement urbain dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence. L'analyse porte sur la structure foncière, repère les acteurs principaux et mesure leurs effets sur le développement des villes. En combinant cadre théorique, analyse géospatiale par SIG et étude de cas détaillée, ce travail révèle des résultats marquants qui éclairent les processus urbains actuels.

L'analyse montre d'abord que la propriété foncière joue un rôle essentiel dans la construction de l'espace urbain. La première partie établit les fondements théoriques, en montrant que la propriété, droit inscrit dans le Code Civil (article 544), donne aux détenteurs un pouvoir décisif pour modeler les territoires. Les profils de propriétaires, qu'il s'agisse d'individus ou de personnes morales comme entreprises et collectivités, se différencient par leurs logiques, leurs rythmes et leurs moyens d'agir, ce qui façonne directement les évolutions urbaines.

L'étude de cas, centrée sur la Métropole d'Aix-Marseille-Provence avec ses 92 communes et plus de 3 100 km², dévoile une structure foncière dans laquelle les personnes physiques possèdent plus de 70 % des parcelles de cette zone. Pourtant, les personnes morales, bien que moins nombreuses, détiennent des surfaces importantes, surtout dans des secteurs stratégiques. Grâce aux données cadastrales et à la cartographie SIG, l'étude montre que la concentration foncière au sein des entreprises et des entités publiques facilite les grands projets de développement, souvent liés à l'étalement urbain. En revanche, la propriété fragmentée entre de nombreux petits propriétaires favorise une urbanisation dense, mais complique une planification unifiée.

L'examen des liens entre profils de propriété et dynamiques urbaines souligne des stratégies foncières distinctes. Les personnes morales, comme les entreprises et les communes, jouent un rôle déterminant dans l'expansion urbaine, tandis que les propriétaires individuels renforcent la densification locale. Le potentiel foncier, défini par des critères précis, indique que les personnes morales non remarquables, suivies par les communes, prédominent dans les opportunités d'aménagement futur, ce qui confirme leur rôle central. La Classification Ascendante Hiérarchique révèle par ailleurs deux profils territoriaux distincts : un cluster majoritaire de 62 communes aux caractéristiques foncières modérées, et un cluster de 26 communes concentrant les enjeux stratégiques majeurs.

L'approche méthodologique développée inclut également une plateforme de webmapping interactive qui rend accessible l'information territoriale habituellement réservée aux professionnels. Cet outil de visualisation géographique, construit avec des technologies open source, permet une exploration dynamique des données et facilite l'appropriation des enjeux fonciers par différents publics, contribuant ainsi à la démocratisation de l'information territoriale.

Ces conclusions portent des enjeux majeurs pour les politiques territoriales. La concentration foncière chez de grands acteurs ouvre des possibilités pour des projets cohérents, mais risque d'accentuer l'étalement urbain sans régulations adaptées. Des outils comme un zonage strict, des incitations à réhabiliter des friches ou des partenariats public-privé pourraient guider ces projets vers la durabilité. Par ailleurs, la fragmentation chez les petits propriétaires pose un défi de coordination, appelant des solutions novatrices pour encourager la densification et réduire l'artificialisation des sols.

Il est aussi important d'impliquer les propriétaires fonciers comme acteurs clés dans la planification. Comprendre leurs motivations et leurs limites aide à élaborer des politiques efficaces, alignant intérêts privés et objectifs collectifs de résilience, équité et durabilité. Dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, confrontée à un dynamisme urbain et à des pressions environnementales, cette approche s'avère essentielle pour atteindre les objectifs du ZAN et de développement durable.

Malgré ses apports, cette étude présente des limites. Son focus sur une seule métropole restreint la portée des résultats, influencés par des facteurs locaux spécifiques, historiques, économiques et géographiques, qui peuvent varier ailleurs. Une comparaison avec d'autres régions ou métropoles permettrait de dégager des tendances générales ou des particularités. De plus, les données secondaires, bien exploitées par le SIG, ne révèlent pas pleinement les intentions ou comportements des propriétaires. Des enquêtes auprès d'acteurs fonciers, tels que propriétaires, urbanistes et élus enrichiraient la compréhension des choix effectués.

Pour l'avenir, explorer la temporalité des dynamiques foncières, en étudiant l'évolution de la propriété sur des décennies, serait pertinent. Une autre idée consisterait à intégrer des données en temps réel dans l'application de webmapping, offrant un outil vivant aux décideurs. Enfin, analyser les effets des politiques récentes, comme la Loi ZAN, sur les stratégies des propriétaires mériterait un approfondissement.

Finalement, ce mémoire montre que la propriété foncière, loin d'être un simple cadre juridique ou un élément passif, agit comme un moteur des dynamiques urbaines. En analysant la répartition foncière dans la Métropole d'Aix-Marseille-Provence, cette recherche montre comment les profils de propriétaires dessinent l'espace de l'étalement à la densification.

Ces leçons, au-delà de leur aspect théorique, apportent des solutions concrètes aux urbanistes et décideurs pour gérer la croissance urbaine de façon stratégique et durable. Dans un monde où les villes affrontent des défis croissants, comme le dérèglement climatique, la pression démographique et les inégalités, comprendre qui contrôle le sol et comment ces acteurs agissent devient crucial pour construire des territoires résilients et harmonieux. Ce travail ouvre ainsi la voie à une gouvernance foncière repensée, au service d'un urbanisme intégré et responsable, où la compréhension fine des structures de propriété guide l'action publique vers un aménagement territorial plus maîtrisé et équitable.

Bibliographie

Aveline-Dubach, N., Le Corre, T., Denis, É., & Napoléone, C. (2024). *Les futurs du foncier : Modes d'accumulation du capital, droit de propriété et production de la ville.* Fonciers en débat, 313–335.

Casanova Enault, L., Bocquet, M., & Boulay, G. (2023). *Who owns France? Uncovering the structure of property ownership for a better understanding of the socio-spatial distribution of wealth.* Journal of Urban Affairs.

Comby, J. (2015). *L'impact des politiques sur la valeur dans les six marchés fonciers.* Fonciers en débat.

Daligaux, J. (2001). *La périurbanisation en Provence : visages d'hier et d'aujourd'hui, interrogations pour demain. Le cas du Var et des Bouches-du-Rhône.* Géocarrefour, 76(4), 289–302.

Delattre, R. (2022). *Réguler l'étalement urbain : Les services de l'État français face aux projets d'urbanisme locaux.* HAL Archives.

Guéringer, A. (2012). *Caractéristiques de la propriété foncière en espace périurbain.* Projets de paysage.

Lecourt, T., Casanova Enault, L., & Josselin, D. (2024). *Le domaine public, une réserve d'urbanisation invisible ? Application d'une méthode géomatique aux cas d'étude de Rennes et de Bordeaux.* Cybergeog: European Journal of Geography.

Logan, J. R., & Molotch, H. L. (1987). *Urban fortunes: The political economy of place.* University of California Press.

Perrin, C. (2017). *Mobiliser la propriété publique en faveur de l'agriculture périurbaine ? Le cas de la région de Montpellier (France).* VertigO.

Pollard, J. (2018). *L'État, le promoteur et le maire - La fabrication des politiques du logement.* Presses de Sciences Po. (Collection Académique).

Roux, A., & Jousseume, V. (2014). *À qui appartient la Loire-Atlantique ? Propriétés et propriétaires moraux (suite).* Cahiers Nantais.

Sovran, C. (Coord.). (2023). *La propriété des terres agricoles en France : À qui profite la terre ?* (État des terres agricoles en France n° 2). Terre de Liens.

Trannoy, A., & Wasmer, É. (2022). *Le grand retour de la terre dans les patrimoines : Et pourquoi c'est une bonne nouvelle !* Éditions Odile Jacob.

Sitographie

CEREMA. *Les types de propriétaires.* Consulté en janvier 2025 <https://datafoncier.cerema.fr/doc/guide/ff/catpro3-les-types-de-proprietaires>

Dimo Diagnostic. (2024). *Loi Lagleize.* Consulté en janvier 2025 <https://www.dimo-diagnostic.net/actualite-diagnostic-immobilier/loi-lagleize>

Fleischmann, M. (2019). *momepy.EquivalentRectangularIndex.* Urban Design Studies Unit, University of Strathclyde. Consulté en mars 2025 <https://docs.momepy.org/en/v0.1.1/generated/momepy.EquivalentRectangularIndex.html>

GitHub, Inc. (2025). *Documentation GitHub.* GitHub. Consulté en mai 2025 <https://docs.github.com/fr>

Guy Hoquet. (2024). *La loi sur la propriété du terrain en France : un pilier du droit foncier.* Consulté en janvier 2025 de <https://olonzac.guy-hoquet.com/acheter/la-loi-sur-la-propriete-du-terrain-en-france-un-pilier-du-droit-foncier>

Larousse. *Foncier.* Consulté en décembre 2024 <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/foncier/34447>

Legifrance. *Code civil.* Consulté en janvier 2025 https://www.legifrance.gouv.fr/codes/texte_lc/LEGITEXT000006070721/

Legifrance. *Article L211-1 du Code civil.* Consulté en décembre 2024 https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006428859

Legifrance. Loi n° 2013-61 du 18 janvier 2013 relative à la mobilisation du foncier public en faveur du logement et au renforcement des obligations de production de logement social. Consulté en mars 2025 <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000026954420/#:~:text=%C2%AB%20L'o bjectif%20de%20r%C3%A9alisation%20pour,302%2D5.>

Luko. (2024). *Loi Lagleize.* Consulté en janvier 2025 <https://fr.luko.eu/conseils/guide/loi-lagleize/>

Microsoft Corporation. (2025). *Visual Studio Code documentation.* Consulté en mai 2025 <https://code.visualstudio.com/docs>

Ministère de la Transition écologique. (2022). *Loi solidarité et renouvellement urbain (SRU)*. Consulté en janvier 2025 <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/loi-solidarite-renouvellement-urbain-sru>

SeLoger. (2024). *Qu'est-ce que la loi sur la propriété du terrain en France ?* Consulté en janvier 2025 <https://edito.seloger.com/construction/terrains/qu-loi-propriete-terrain-france-article-18325.html>

Service-Public.fr. (2024). *Taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB)*. Consulté en janvier 2025 <https://www.service-public.fr/particuliers/vosdroits/F59>

Annexes

Annexe 1 :

Ce script, charge le fichier shapefile vectoriel correspondant à la grille des dalles de la métropole et parcourt le répertoire de fichiers raster. Pour chaque fichier raster valide, il vérifie s'il intersecte avec l'étendue du fichier vectoriel. Si une intersection est trouvée, la couche raster est ajoutée au projet QGIS, et un message s'affiche pour pouvoir contrôler le processus.

```
1. import os
2. from qgis.core import QgsRasterLayer, QgsVectorLayer, QgsProject
3.
4. vector_path =
'C:/Users/Desktop/MEMOIRE/05_gisementFoncier/PentesInf15/dalles_AMP_SHP/dalles_AMP.shp'
5.
6. raster_directory = 'C:/Users/Desktop/MEMOIRE/01_DONNEES/00_DONNEES_BRUTS/RGE/TousMNT'
7.
8. vector_layer = QgsVectorLayer(vector_path, 'Vecteur', 'ogr')
9.
10. for raster_file in os.listdir(raster_directory):
11.     if raster_file.endswith('.asc'):
12.         raster_path = os.path.join(raster_directory, raster_file)
13.         raster_layer = QgsRasterLayer(raster_path, os.path.splitext(raster_file)[0])
14.
15.         if raster_layer.isValid():
16.             if raster_layer.extent().intersects(vector_layer.extent()):
17.                 QgsProject.instance().addMapLayer(raster_layer)
18.                 print("Raster {raster_file} intersecte avec le vecteur.")
19.
20. print("Vérification terminée.")
```

Voici une explication détaillée du code, bloc par bloc :

Bloc 1 : Importation des bibliothèques

```
import os
from qgis.core import QgsRasterLayer, QgsVectorLayer, QgsProject
```

Ce bloc importe les bibliothèques nécessaires pour le script. La bibliothèque « os » est utilisée pour interagir avec le système d'exploitation, notamment pour lister les fichiers dans un répertoire. Les classes « QgsRasterLayer », « QgsVectorLayer », et « QgsProject » proviennent

de la bibliothèque QGIS et sont utilisées pour manipuler des couches raster et vectorielles ainsi que pour gérer le projet QGIS.

Bloc 2 : Définition des chemins

```
vector_path =  
'C:/Users/Desktop/MEMOIRE/05_gisementFoncier/PentesInf15/dalles_AMP_SHP/dalles_AMP.shp'  
raster_directory = 'C:/Users/Desktop/MEMOIRE/01_DONNEES/00_DONNEES_BRUTS/RGE/TousMNT'
```

Ce bloc définit les chemins vers les fichiers vectoriels et raster. « vector_path » pointe vers un fichier shapefile vectoriel, tandis que « raster_directory » indique le répertoire contenant les fichiers raster au format .asc.

Bloc 3 : Chargement de la couche vectorielle

```
vector_layer = QgsVectorLayer(vector_path, 'Vecteur', 'ogr')
```

Ce bloc charge le fichier shapefile vectoriel en utilisant « QgsVectorLayer ». Le fichier est chargé avec le nom de couche « Vecteur » et le fournisseur « ogr » qui est utilisé pour lire les fichiers shapefile.

Bloc 4 : Boucle sur les fichiers raster

```
for raster_file in os.listdir(raster_directory):  
    if raster_file.endswith('.asc'):  
        raster_path = os.path.join(raster_directory, raster_file)  
        raster_layer = QgsRasterLayer(raster_path, os.path.splitext(raster_file)[0])
```

Ce bloc parcourt tous les fichiers dans le répertoire « raster_directory ». Pour chaque fichier se terminant par « .asc », il construit le chemin complet et charge le fichier raster en utilisant « QgsRasterLayer ». Le nom de la couche raster est défini en utilisant le nom du fichier sans l'extension.

Bloc 5 : Vérification de l'intersection

```
if raster_layer.isValid():  
    if raster_layer.extent().intersects(vector_layer.extent()):  
        QgsProject.instance().addMapLayer(raster_layer)  
        print("Raster {raster_file} intersecte avec le vecteur.")
```

Ce bloc vérifie d'abord si la couche raster est valide. Ensuite, il vérifie si l'étendue de la couche raster intersecte celle de la couche vectorielle. Si c'est le cas, la couche raster est ajoutée au projet QGIS actuel, et un message est affiché pour indiquer que l'intersection a été trouvée.

Bloc 6 : Fin du processus

```
print("Vérification terminée.")
```

Ce bloc affiche un message indiquant que la vérification des intersections est terminée.

Annexe 2 :

Ce script orchestre ces étapes pour automatiser la détection des voiries, facilitant ainsi l'analyse des données parcellaires.

```
1. import os
2. import sys
3. import numpy as np
4. import geopandas as gpd
5. from shapely import make_valid
6. from sklearn.cluster import KMeans
7. from momepy import equivalent_rectangular_index
8.
9. class RoadDetector:
10.     def __init__(self, input_path, output_path):
11.         self.input_path = input_path
12.         self.output_path = output_path
13.         self.gdf = None
14.
15.     def load_data(self):
16.         try:
17.             self.gdf = gpd.read_file(self.input_path)
18.             if self.gdf.crs != 'EPSG:2154':
19.                 self.gdf = self.gdf.to_crs('EPSG:2154')
20.             print("Données chargées :", len(self.gdf), "parcelles")
21.         except Exception as e:
22.             print("Échec du chargement :", str(e))
23.             sys.exit(1)
24.
25.     def calculate_meri(self):
26.         try:
27.             self.gdf['area'] = self.gdf.geometry.area
28.             self.gdf['peri'] = self.gdf.geometry.length
29.             self.gdf['meri'] = equivalent_rectangular_index(self.gdf)
30.             print("MERi calculé avec succès")
31.         except Exception as e:
32.             print("Échec du calcul MERi :", str(e))
33.             sys.exit(1)
34.
35.     def detect_roads(self):
36.         try:
37.             kmeans = KMeans(n_clusters=2, n_init=10)
38.             kmeans.fit(self.gdf[['meri']])
39.             self.gdf['voirie'] = np.where(kmeans.labels_ == 1, 1, 0)
40.             print("Clustering terminé")
41.         except Exception as e:
42.             print("Échec de la détection :", str(e))
```

```

43.         sys.exit(1)
44.
45.     def export_results(self):
46.         try:
47.             output = self.gdf.copy()
48.             os.makedirs(os.path.dirname(self.output_path), exist_ok=True)
49.             output.to_file(self.output_path)
50.             print("Export réussi :", len(output), "parcelles sauvegardées")
51.         except Exception as e:
52.             print("Échec de l'export :", str(e))
53.             sys.exit(1)
54.
55.     def run(self):
56.         self.load_data()
57.         self.calculate_meri()
58.         self.detect_roads()
59.         self.export_results()
60.
61. if __name__ == "__main__":
62.     INPUT =
r"C:\Users\Desktop\MEMOIRE\05_gisementFoncier\momepy_equivalent_rectangular_index\PCI_M05_ZU_Prop
Parcelles.shp"
63.     OUTPUT =
r"C:\Users\Desktop\MEMOIRE\05_gisementFoncier\momepy_equivalent_rectangular_index\Python\Result\vo
oiries.shp"
64.     detector = RoadDetector(INPUT, OUTPUT)
65.     detector.run()

```

Les explications du code python bloc par bloc sont :

Bloc 1 : Importation des bibliothèques

```

import os
import sys
import numpy as np
import geopandas as gpd
from shapely import make_valid
from sklearn.cluster import KMeans
from momepy import equivalent_rectangular_index

```

Ce premier bloc importe toutes les bibliothèques nécessaires au fonctionnement du script. La bibliothèque « os » permet la gestion des chemins et des répertoires, tandis que « sys » est utilisée pour interrompre le programme en cas d'erreur critique. « numpy » facilite la manipulation de tableaux numériques, ce qui est indispensable pour certaines opérations

mathématiques. « geopandas » est la bibliothèque centrale pour la manipulation de données géospatiales, permettant de lire, manipuler et écrire des fichiers SIG tels que des shapefiles. La fonction « make_valid » de la bibliothèque « shapely » est importée pour corriger d'éventuelles géométries invalides, même si elle n'est pas utilisée directement dans ce code. Ensuite, l'algorithme « Kmeans » de « sklearn.cluster » est importé pour effectuer le clustering des parcelles en vue de leur classification. Enfin, la fonction « equivalent_rectangular_index » issue de « momepy » calcule un indice qui mesure la similarité de la forme d'une parcelle avec un rectangle.

Bloc 2 : Définition du container « RoadDetector »

```
class RoadDetector:
    def __init__(self, input_path, output_path):
        self.input_path = input_path
        self.output_path = output_path
        self.gdf = None
```

Ce bloc définit un container nommé « RoadDetector » qui regroupe toutes les étapes du processus de détection des voiries à partir d'un fichier de parcelles. Dans la fonction (« __init__ »), deux chemins sont initialisés : « input_path » pour le fichier d'entrée contenant les données géospatiales et « output_path » pour le fichier dans lequel les résultats seront enregistrés. La variable « gdf » est initialisée à « None » et servira ultérieurement à stocker le GeoDataFrame contenant les parcelles chargées depuis le shapefile.

Bloc 3 : Chargement des données : « load_data »

```
def load_data(self):
    try:
        self.gdf = gpd.read_file(self.input_path)
        if self.gdf.crs != 'EPSG:2154':
            self.gdf = self.gdf.to_crs('EPSG:2154')
        print("Données chargées :", len(self.gdf), "parcelles")
    except Exception as e:
        print("Échec du chargement :", str(e))
        sys.exit(1)
```

Dans ce bloc, la fonction « load_data » lit le fichier shapefile spécifié par « input_path » à l'aide de la fonction « gpd.read_file », ce qui permet de convertir les données en un GeoDataFrame. Après le chargement, le code vérifie si le système de coordonnées est bien « EPSG:2154 » et, si nécessaire, le convertit pour assurer la cohérence géographique des données. Un message est affiché pour indiquer le nombre de parcelles chargées. En cas de problème lors du chargement, le script affiche une erreur et s'arrête grâce à « sys.exit(1) », garantissant ainsi une gestion robuste des erreurs.

Bloc 4 : Calcul de l'indice MERI : « calculate_meri »

```
def calculate_meri(self):
    try:
        self.gdf['area'] = self.gdf.geometry.area
        self.gdf['peri'] = self.gdf.geometry.length
        self.gdf['meri'] = equivalent_rectangular_index(self.gdf)
        print("MERI calculé avec succès")
    except Exception as e:
        print("Échec du calcul MERI :", str(e))
        sys.exit(1)
```

Ce bloc présente la fonction « calculate_meri », qui effectue plusieurs calculs sur les parcelles chargées. La fonction ajoute d'abord une colonne « area » en calculant la surface de chaque parcelle à partir de sa géométrie, puis une colonne « peri » pour le périmètre. Ensuite, elle utilise la fonction « equivalent_rectangular_index » pour calculer l'indice MERI, qui quantifie la ressemblance de la forme des parcelles avec un rectangle. Si l'un de ces calculs échoue, le programme affiche un message d'erreur et interrompt l'exécution.

Bloc 5 : Détection des routes : « detect_roads »

```
def detect_roads(self):
    try:
        kmeans = KMeans(n_clusters=2, n_init=10)
        kmeans.fit(self.gdf[['meri']])
        self.gdf['voirie'] = np.where(kmeans.labels_ == 1, 1, 0)
        print("Clustering terminé")
    except Exception as e:
        print("Échec de la détection :", str(e))
        sys.exit(1)
```

La fonction « detect_roads » réalise le clustering des parcelles afin de distinguer les voiries du reste. Dans ce bloc, une instance de l'algorithme K-means est initialisée avec deux clusters, correspondant aux deux classes envisagées : voirie et non-voirie. Le clustering est ensuite appliqué à la colonne « meri », qui contient l'indice de forme calculé précédemment. Une nouvelle colonne, « voirie », est ajoutée au GeoDataFrame pour marquer les parcelles identifiées comme des voiries (avec la valeur 1) et les autres (avec la valeur 0). En cas d'erreur dans le processus de clustering, un message d'erreur est affiché et l'exécution est arrêtée, ce qui garantit que le processus ne se poursuit qu'avec des résultats fiables.

Bloc 6 : Exportation des résultats : « export_results »

```
def export_results(self):
    try:
        output = self.gdf.copy()
        os.makedirs(os.path.dirname(self.output_path), exist_ok=True)
        output.to_file(self.output_path)
        print("Export réussi :", len(output), "parcelles sauvegardées")
    except Exception as e:
        print("Échec de l'export :", str(e))
        sys.exit(1)
```

Ce bloc décrit la fonction « export_results » qui s'occupe de sauvegarder les résultats obtenus dans un nouveau fichier shapefile. Le code commence par créer une copie du GeoDataFrame pour préserver l'intégrité des données originales. Ensuite, il vérifie et crée, si nécessaire, le répertoire de sortie en utilisant « os.makedirs ». La fonction « to_file » est ensuite appelée pour écrire le GeoDataFrame dans le fichier spécifié par « output_path ». Un message de confirmation indique le nombre de parcelles exportées. Si un problème survient lors de l'exportation, un message d'erreur est affiché et le programme est interrompu pour éviter de générer un fichier incomplet ou erroné.

Bloc 7 : Exécution : « run »

```
def run(self):
    self.load_data()
    self.calculate_meri()
```



```
self.detect_roads()  
self.export_results()
```

La fonction « run » orchestre l'exécution complète du processus en appelant successivement les fonctions définies précédemment. Elle commence par charger les données, effectue le calcul de l'indice MERI, détecte les voiries grâce au clustering K-means, puis exporte le résultat final. Ce chaînage assure que chaque étape est effectuée dans l'ordre requis pour obtenir des résultats cohérents.

Bloc 8 : Processus complet

```
if __name__ == "__main__":  
    INPUT =  
    r"C:\Users\fafou\Desktop\MEMOIRE\05_gisementFoncier\momepy_equivalent_rectangular_index\PCI_MOS_Z  
    U_PropParcelles.shp"  
    OUTPUT =  
    r"C:\Users\fafou\Desktop\MEMOIRE\05_gisementFoncier\momepy_equivalent_rectangular_index\Python\Re  
    sult\voiries.shp"  
    detector = RoadDetector(INPUT, OUTPUT)  
    detector.run()
```

Ce dernier bloc constitue le point d'entrée du script. Il définit les chemins d'entrée et de sortie pour le fichier shapefile. Une instance du container « RoadDetector » est ensuite créée avec ces chemins, et la fonction « run » est appelée pour lancer l'ensemble du processus de détection des voiries. Ce bloc garantit que le script s'exécute correctement lorsqu'il est lancé directement, en orchestrant toutes les étapes du traitement des données géospatiales.