

RAPPORT DE STAGE

Contribution à la mise en place d'un observatoire régional de la matière organique dans les sols agricoles en Nouvelle-Aquitaine

**Influence des occupations du sol (état actuel et dynamique
temporelle) et des pédopaysages sur la structuration spatiale des
pratiques de fertilisation agricole en Nouvelle-Aquitaine**

Maitres de stage :

Julia CLAUSE

Hélène ROEYR

Thibaut PREUX

Jhonsley DORSAINVIL

Promotion 2024-2025

RAPPORT DE STAGE

Contribution à la mise en place d'un observatoire régional de la matière organique dans les sols agricoles en Nouvelle-Aquitaine

**Influence des occupations du sol (état actuel et dynamique
temporelle) et des pédopaysages sur la structuration spatiale des
pratiques de fertilisation agricole en Nouvelle-Aquitaine**

Maitres de stage :

Julia CLAUSE

Hélène ROEYR

Thibaut PREUX

Jhonsley DORSAINVIL

Promotion 2024-2025

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre du projet MAssification et Intensification Agroécologique (MAIA), visant à renforcer la résilience des systèmes agricoles en Nouvelle-Aquitaine par la mise en place d'un observatoire régional de la matière organique dans les sols. L'objectif principal est d'analyser l'influence conjointe de l'occupation du sol, de son évolution temporelle et des caractéristiques pédologiques sur la structuration spatiale des pratiques de fertilisation.

L'étude a mobilisé des bases de données agricoles et pédologiques (RPG, RA, carte des sols INRA), agrégées en mailles hexagonales pour permettre une comparaison spatiale harmonisée et respecter le secret statistique. Les analyses multivariées (ACP, CAH) ont permis de construire des typologies pour chaque paramètre et d'évaluer leurs relations à l'aide de tests statistiques (Khi^2 , V de Cramér).

Les résultats montrent que, sur la période 2007-2023, l'occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine est globalement stable : les systèmes fourragers dominent de vastes zones, tandis que les grandes cultures et cultures permanentes restent concentrées dans leurs bassins historiques. La nature des sols conditionne fortement cette stabilité, influençant directement les usages agricoles et les pratiques de fertilisation qui sont majoritairement minérales dans les zones céréalières, organiques dans les bassins viticoles, et faibles dans les systèmes fourragers. L'organisation du parcellaire joue également un rôle clé car un parcellaire regroupé facilite la gestion des sols et l'homogénéité des interventions. Cette organisation du parcellaire est toutefois très hétérogène avec des exploitations de taille moyenne dans les grandes cultures et systèmes fourragers, et des parcelles plus petites et regroupées dans les zones viticoles.

Ces résultats soulignent l'importance de considérer conjointement les contraintes naturelles, les dynamiques d'usage du sol et l'organisation spatiale des exploitations pour orienter les politiques et pratiques de gestion durable des sols, et massifier les approches agroécologiques adaptées aux réalités régionales.

Summary

This work is part of the MAssification and Agroecological Intensification (MAIA) project, which aims to strengthen the resilience of agricultural systems in Nouvelle-Aquitaine by establishing a regional soil organic matter observatory. The main objective is to analyze the combined influence of land use, its temporal evolution, and soil characteristics on the spatial structuring of fertilization practices.

The study used agricultural and soil databases (RPG, RA, INRA soil map), aggregated into hexagonal grids to enable harmonized spatial comparisons while respecting statistical confidentiality. Multivariate analyses (PCA, CAH) were used to construct typologies for each parameter and assess their relationships using statistical tests (chi-square, Cramér's V).

The results show that, over the period 2007-2023, land use in Nouvelle-Aquitaine is generally stable: forage systems dominate large areas, while large-scale and permanent crops remain concentrated in their historical basins. Soil nature strongly influences this stability, directly influencing agricultural uses and fertilization practices, which are predominantly mineral in cereal-growing areas, organic in wine-growing areas, and low in forage systems. The organization of parcels also plays a key role, as a grouped parcel facilitates soil management and the homogeneity of interventions. However, this organization of parcels is very heterogeneous, with medium-sized farms in large-scale crops and forage systems, and smaller, grouped parcels in wine-growing areas.

These results highlight the importance of considering natural constraints, land use dynamics and the spatial organization of farms to guide sustainable soil management policies and practices, and to expand agroecological approaches adapted to regional realities.

Mots-clés : Nouvelle-Aquitaine, géographie, agriculture, fertilisation, typologie, trajectoires historiques.

Table des matières

1.	Introduction	1
1.1.	Contexte.....	1
1.2.	Objectif.....	1
2.	Présentation des organismes d'accueil	2
2.1.	Laboratoire Écologie et Biologie des Interactions.....	2
2.2.	Le laboratoire Ruralités	2
3.	État de l'art	3
3.1.	Importance de la gestion des sols en agriculture	3
3.2.	Les problèmes liés la fertilisation minérale.....	3
3.3.	Le modèle agricole dominant européen.....	4
3.4.	La matière organique	4
3.4.1.	Intérêts de l'utilisation de la matière organique	5
3.4.2.	Le pouvoir fertilisant des matières organiques.....	5
3.5.	Agriculture en Nouvelle-Aquitaine	5
3.6.	Contexte pédologique de la Nouvelle-Aquitaine.....	6
4.	Matériels et méthodes.....	8
4.1.	Logiciels et bases de données	8
4.2.	Agrégation des données.....	8
4.2.1.	Agrégation des données du Registre Parcellaire Graphique.....	8
4.2.2.	Agrégation des données de la carte des sols de l'INRA	9
4.3.	Réalisation des typologies	10
4.4.	Détermination des liens d'interdépendance et mesure de leur force	11
4.5.	Estimation de l'organisation spatiale du parcellaire.....	11
4.6.	Limites des données et contraintes méthodologiques.....	12
5.	Résultats et discussions	13
5.1.	Résultats préliminaires sur la pertinence du RPG complété 2022.....	13
5.2.	Occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine en 2022.....	14
5.3.	Dynamique de l'occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine de 2007 à 2023	15
5.4.	Pédopaysages en Nouvelle-Aquitaine	17
5.5.	Typologie des bouquets de pratiques de fertilisation	18
5.6.	Mesure des liens d'association des paramètres agro-environnementaux	20
5.7.	Organisation spatiale du parcellaire.....	20
5.7.1.	Superficie des exploitations.....	22
5.7.2.	Composition parcellaire des exploitations.....	22
5.7.3.	Degré de dispersion et d'émiettement des parcelles des exploitations	22
6.	Conclusion.....	23

7. Références 24

8. AnnexesA

Table des figures

Figure 1 : Carte des activités agricoles dominantes par commune en 2010 (source : agreste-Recensement Agricole).....	6
Figure 2 : Cartes des sols dominants en Nouvelle-Aquitaine (source des données : Carte des sols INRA)	7
Figure 3 : Distribution géographique du carbone organique dans les sols de France (Source : INRA, 2001) ..	7
Figure 4 : Architecture du processus d'agrégation des données du RPG.	9
Figure 5 : Architecture du processus de l'agrégation des données de la Carte des sols INRA (carte des sols de 2020).....	9
Figure 6 : Exemple de schéma expliquant le processus de réalisation de la typologie des occupations du sol.	10
Figure 7 : Schéma du processus de réalisation de la typologie des trajectoires d'occupation du sol de 2007 à 2023.	11
Figure 8 : Pourcentage d'augmentation de chaque culture du RPG complété par rapport au RPG classique .	13
Figure 9 : Comparaison RPG classique et RPG complété (mailles 2,5 km)	13
Figure 10 : Proportion d'occupation du sol par culture en Nouvelle-Aquitaine (RPG 2023).....	14
Figure 11 : Cartographie de la classification des usages du sol de la Nouvelle-Aquitaine en 2022 (mailles 2,5 km).....	15
Figure 12 : Cartographie de la trajectoire spatio-temporelle des occupations du sol en Nouvelle-Aquitaine 2007 – 2023 (mailles 2,5 km)	16
Figure 13: Cartographie des sols dominants en Nouvelle-Aquitaine (mailles 12 km)	18
Figure 14 : Cartographie des pratiques de fertilisation en Nouvelle-Aquitaine (mailles 12 km)	19
Figure 15 : Cartes utilisées dans la mesure des forces d'association des paramètres agro-environnementaux (mailles 12 km).....	20
Figure 16 : Organisation spatiale du parcellaire en Nouvelle-Aquitaine (mailles 2,5 km)	21

Liste des acronymes

ACP	Analyse en Composantes Principales
CAH	Classification Ascendante Hiérarchique
CASD	Centre d'Accès Sécurisé aux Données
CIPAN	Cultures Intermédiaies Pièges À Nitrate
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
DRINNOV	Direction de la Recherche et de l'Innovation
EBI	Écologie et Biologie des Interactions
EES	Écologie Évolution Symbiose
IFR	Institut Fédératif de Recherche
InEE	Institut Écologie et Environnement
INRA	Institut National de la Recherche Agronomique
INRAE	Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Alimentation et l'Environnement
ISMO	Indice de Stabilité de la Matière Organique
MAFOR	Matières Fertilisantes d'Origine Résiduaire
MAIA	MAssificacation et Intensification Agroécologique
MO	Matière Organique
PAC	Politique Agricole Commune
RA	Recensement Agricole
RPG	Registre Parcellaire Graphique
SAU	Surface Agricole Utile
SIG	Système d'Information Géographique
UCS	Unités Cartographiques de sols
UMR	Unité Mixte de Recherche

1. Introduction

1.1. Contexte

L'usage et l'entretien des sols constituent l'un des piliers de l'agriculture durable. Ils influencent non seulement la productivité agricole, mais aussi la résilience des agroécosystèmes face aux pressions environnementales croissantes, telles que le changement climatique, la perte de biodiversité et la dégradation des ressources naturelles (ADEME, 2018 ; Houot et al., 2014 ; Huber & Schaub, 2011). Depuis la révolution verte, l'agriculture européenne repose majoritairement sur une gestion chimico-technique des sols, centrée sur l'augmentation de la productivité. Si ce modèle a permis de soutenir la production alimentaire, il a souvent été associé à la dégradation des écosystèmes, à l'érosion de la biodiversité et à la diminution de la fertilité des sols (Sebby, 2010). Cette dépendance accrue aux intrants de synthèse ne se limite pas à fragiliser les systèmes agricoles. Elle contribue également au réchauffement climatique par les émissions de gaz à effet de serre liées à la production, le transport et l'utilisation de ces intrants. L'agriculture entre ainsi dans un cercle vicieux où la perte de fertilité entraîne un recours toujours plus important aux fertilisants et pesticides, ce qui accentue encore la dégradation des sols et des écosystèmes. À terme, cette dynamique peut mener à un effondrement de la productivité, compromettant la viabilité économique des exploitations et la sécurité alimentaire (Agreste, 2024 ; Rigal et al., 2023 ; Sebby, 2010).

En France, la Nouvelle-Aquitaine illustre bien ce modèle agricole. Près de 46 % de son territoire est consacré à l'agriculture, qui génère un chiffre d'affaires de 13,5 milliards d'euros (CESER, 2021 ; Chambre d'agriculture Nouvelle-Aquitaine, 2025 ; Simon & Lebarbier, 2023). Cependant, cette production repose sur un capital naturel de plus en plus fragile. L'érosion de la fertilité des sols, la perte accélérée de biodiversité et la pollution diffuse menacent directement la durabilité du secteur (ECOBIOSE, 2020 ; Mallard, 2016 ; Watson et al., 2019). Si cette tendance se poursuit, la région risque de voir ses terres agricoles et ses écosystèmes appauvris et ses rendements durablement compromis. Compte tenu de son importance économique et de son rôle dans la sécurité alimentaire, il est donc indispensable de repenser les systèmes agricoles en favorisant des modèles fondés sur une gestion durable des sols (Altieri, 1986 ; CESER, 2021).

1.2. Objectif

Face à l'importance de la Nouvelle-Aquitaine et des enjeux auxquels elle est confrontée, un consortium de chercheurs a lancé, en 2023, le projet MAssification et Intensification Agroécologique (MAIA). Ce projet vise à renforcer la résilience des systèmes agricoles et à assurer la sécurité alimentaire en Nouvelle-Aquitaine, en promouvant des pratiques bénéfiques pour l'environnement et pour la production agricole notamment via des pratiques de restauration de fertilité des sols. Dans ce contexte intervient ce sujet d'étude "Contribution à la mise en place d'un observatoire régional de la matière organique dans les sols agricoles en Nouvelle-Aquitaine".

Parmi tous les déterminants agronomiques, environnementaux et socio-économiques susceptibles d'influencer les pratiques de fertilisation, cette étude cherche plus particulièrement à déterminer dans quelle mesure les pédopaysages et les occupations du sol influencent les choix de fertilisation, afin de mieux comprendre les leviers possibles pour une gestion durable et localement adaptée des sols. Notamment, elle cherche à répondre à la question suivante : est-ce que la répartition des occupations du sol (état actuel et dynamique temporelle) et du pédopaysage influencent-elles la structuration spatiale des pratiques de fertilisation agricole en Nouvelle-Aquitaine, et dans quelle mesure ? Pour atteindre ces objectifs, les étapes suivantes ont été définies :

- Réaliser un inventaire des bases de données en matière de fertilisation agricoles et facteurs explicatifs ;
- Réaliser des typologies spatiales des paramètres agro-environnementaux (occupation du sol, fertilisation, pédopaysage) en Nouvelle-Aquitaine ;
- Analyser la dynamique des occupations du sol en Nouvelle-Aquitaine ;
- Quantifier les relations entre les paramètres agro-environnementaux et les pratiques de fertilisation ;
- Étudier l'organisation spatiale du parcellaire.

2. Présentation des organismes d'accueil

Le projet MAIA s'articule autour de six modules complémentaires. Le module 3, coordonné par Julia Clause, vise à identifier les pratiques agroécologiques régionales favorisant la santé et la fertilité des sols. Le présent sujet s'inscrit dans un sous-module (3.1) à l'interface de l'écologie et de la géographie, dont l'objectif est d'identifier les pratiques de fertilisation organique et les déterminants de ces pratiques, puis de diffuser les résultats obtenus auprès des acteurs du territoire. Le sous-module 3.1 est porté par deux laboratoires de l'Université de Poitiers : Écologie et Biologie des Interactions (EBI), spécialisé dans les processus écologiques liés aux sols, et Ruralités, qui apporte une expertise géographique et territoriale.

2.1. Laboratoire Écologie et Biologie des Interactions

Le laboratoire Écologie et Biologie des Interactions a été créé en 2012 en tant qu'Unité Mixte de Recherche (UMR 7267), rattachée à l'Institut Écologie et Environnement (InEE) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Le laboratoire est intégré à l'Institut Fédératif de Recherche (IFR) Énergie, Environnement, Évolution dont les objectifs principaux sont de :

- Favoriser l'émergence et la consolidation de thématiques scientifiques structurantes ;
- Encourager les recherches interdisciplinaires, en lien avec d'autres équipes de l'Université de Poitiers ou partenaires extérieurs ;
- Renforcer la réponse aux appels à projets compétitifs, notamment européens, en coordination avec la Direction de la Recherche et de l'Innovation (DRINNOV).

Les activités du laboratoire EBI s'articulent autour de l'étude des interactions entre organismes vivants (microorganismes, hôtes, macrofaune) et leur environnement. Les recherches s'inscrivent dans une perspective évolutive et appliquée, visant à comprendre et à anticiper les effets du changement climatique, de la pollution et de la transformation des milieux sur la santé des écosystèmes, des animaux et des humains. Ainsi, en 2025, plusieurs études sont portées sur la macrofaune et leur comportement en condition du changement climatique, sur la santé du sol et d'autres en lien avec la biodiversité. En somme, le laboratoire travaille sur deux thématiques majeurs : les interactions Microorganismes-Hôtes et les interactions organismes-milieux.

Le laboratoire est divisé en quatre équipes de recherche. J'ai été accueilli au sein de l'équipe Écologie, Évolution, Symbiose (EES), spécialisée dans l'analyse des relations symbiotiques. J'y ai été encadré par la chercheuse Julia Clause, maîtresse de conférences et responsable du parcours L3 Écologie et Biologie des Organismes à l'Université de Poitiers. Ses travaux portent sur le rôle écologique de la macrofaune du sol, notamment dans les processus de décomposition et leur impact sur les agroécosystèmes.

2.2. Le laboratoire Ruralités

Le laboratoire Ruralités apporte une dimension géographique et territoriale aux recherches menées. Sa particularité réside dans l'étude des relations entre espaces urbains et ruraux. Les chercheurs de ce laboratoire analysent les dynamiques territoriales sous différents angles : politiques publiques, mutations agricoles, gestion des ressources naturelles et implications paysagères. Les recherches y sont organisées autour de trois axes : environnement et paysage, agricultures et sociétés, politiques et gouvernance. Il comprend plusieurs thésards travaillant sur des thématiques sociales, économiques et environnementales.

Au laboratoire Ruralités, j'ai été encadré par Thibaut Preux, maître de conférences en géographie et responsable de la licence professionnelle Agronomie. Ses recherches explorent les transformations des systèmes agricoles sous l'angle foncier et environnemental, avec un focus sur les recompositions paysagères. Il est impliqué dans le projet MAIA, où il contribue à l'analyse des dynamiques territoriales.

Par ailleurs, j'ai travaillé en collaboration avec la post-doctorante Hélène Royer, recrutée en tant que chercheuse géographe pour le projet MAIA et affectée aux deux laboratoires.

3. État de l'art

3.1. Importance de la gestion des sols en agriculture

La production végétale agricole repose fondamentalement sur la synthèse de biomasse via la photosynthèse (Zhu et al., 2010). Les organes récoltés (grains, tubercules, fourrages) représentent des puits de nutriments exportés du système agricole, destinés à l'alimentation humaine/animale ou aux industries de transformation (Foley et al., 2011). L'optimisation de cette production nécessite une bonne compréhension des mécanismes physiologiques des végétaux, où la nutrition minérale joue un rôle régulateur central dans les phases de croissance, de développement et de reproduction (White & Brown, 2010).

Le sol joue un rôle clé dans ce processus, car il fournit la majorité des nutriments nécessaires aux plantes, sous forme dissoute dans la solution du sol. Ces nutriments, qu'il s'agisse de macronutriments comme l'azote, le phosphore et le potassium, ou d'oligo-éléments, sont issus à la fois d'apports extérieurs comme les engrais, de la décomposition de la matière organique, et de l'altération des minéraux présents naturellement dans le sol (Kirkby, 2012 ; Schmidt et al., 2011). Le sol peut aussi perdre des nutriments, par exemple à travers les récoltes elles-mêmes, par le lessivage de certains éléments solubles comme les nitrates, ou encore à cause de l'érosion liée à l'eau ou au vent (Borrelli et al., 2017). Alors, le maintien d'un bon équilibre entre les entrées et les sorties des éléments minéraux dans le sol exige une bonne gestion de ce dernier.

Les éléments nutritifs d'un sol proviennent principalement de la minéralisation progressive de la matière organique, un processus influencé par les propriétés physiques et chimiques du sol (Huber & Schaub, 2011). Cependant, dans les systèmes agricoles intensifs, un déséquilibre est fréquent : les cultures prélèvent des nutriments qui sont exportés lors des récoltes. Le sol perd ainsi une partie de son capital nutritif sans toujours recevoir d'apports compensatoires suffisants. La minéralisation naturelle ne suffit plus à compenser ces pertes, ce qui peut à terme compromettre la durabilité des systèmes agricoles (Laboubee, 2007).

Pour maintenir une production végétale stable, il est nécessaire de reconstituer les réserves nutritives du sol par des apports appropriés et d'adopter une gestion raisonnée qui préserve sa fertilité sur le long terme. Pour cela, les agriculteurs disposent de deux principaux leviers. D'une part, les amendements organiques, comme le fumier ou le compost, permettent d'enrichir le sol en profondeur tout en renforçant sa capacité à résister aux aléas. D'autre part, la fertilisation minérale offre une solution plus rapide, mais son utilisation excessive peut altérer durablement la qualité des sols (Foley et al., 2011 ; Huber & Schaub, 2011).

La gestion de la fertilité d'un sol désigne l'ensemble des pratiques agricoles mises en œuvre pour préserver ou améliorer la fertilité de ces sols, en contrôlant les entrées et sorties de nutriments dans le système. Son importance repose sur deux principes agronomiques fondamentaux. Le premier, issu de la loi du minimum formulée par Liebig et revisitée par Van Der Ploeg et ses collègues (1999), affirme que la croissance d'une plante est limitée par l'élément nutritif présent en plus faible quantité, même si les autres sont abondants. Le second principe souligne qu'un excès de certains éléments peut être tout aussi néfaste : des concentrations trop élevées d'aluminium dans un sol acide ou de sodium dans un sol sodique, par exemple, peuvent bloquer le développement des racines et perturber l'équilibre interne des plantes (Kochian et al., 2015). Lorsqu'elle est mal conduite, la gestion du sol peut entraîner une série de déséquilibres physiques et chimiques (Sanderman et al., 2017).

3.2. Les problèmes liés la fertilisation minérale

L'usage intensif de fertilisants minéraux, bien qu'efficace pour stimuler la production végétale à court terme, soulève de sérieuses préoccupations quant à la durabilité des systèmes agricoles. Selon Foley et al. (2011), cet usage excessif contribue à la dégradation des sols, notamment par la perturbation des cycles biogéochimiques et l'accumulation de résidus chimiques pouvant altérer la structure et la biodiversité du sol. Par ailleurs, Sanderman et al. (2017) soulignent que les pratiques agricoles associées à l'agriculture industrielle, incluant l'usage massif d'engrais minéraux, peuvent provoquer une perte significative de carbone organique du sol, compromettant leur fertilité à long terme. De ce fait, la gestion durable des sols nécessite une bonne évaluation

des pratiques de fertilisation, en privilégiant des approches intégrées et moins dépendantes des apports minéraux.

3.3. Le modèle agricole dominant européen

L'agriculture est un secteur d'activité particulièrement dynamique, dont l'évolution a toujours été liée aux enjeux sociétaux (Bricas et al., 2021). Ses transformations sont essentiellement accompagnées par des changements dans le mode de gestion des sols. Par exemple, à la suite de la Seconde Guerre Mondiale, l'agriculture française a connu une transformation majeure, marquée par une politique de modernisation intensive (Danielle, 1997). Cette politique, marquée par une gestion mécanique et chimique des sols, l'agrandissement et la spécialisation des exploitations etc..., a permis à la France de passer d'une situation de pénurie alimentaire à celle de premier producteur agricole européen et deuxième exportateur mondial (Legris, 2007). Cependant, dès les années 1960, ce modèle a fait l'objet de vives critiques. Des médecins, sociologues et agriculteurs ont dénoncé ses impacts environnementaux et la rupture qu'il instaure entre producteurs et consommateurs (Faure et al., 2018; Leroux, 2015).

Actuellement, et cela depuis plusieurs décennies, ce modèle agricole basé sur la gestion mécanique et chimique de la fertilité fait face à une crise multidimensionnelle profonde (Deléage, 2005). En France, cette crise entraîne la disparition progressive de la société paysanne (Calame, 2016) tout en générant d'importants problèmes environnementaux : érosion des sols, appauvrissement de la biodiversité et pollution liée aux intrants chimiques (Bonneuil & Thomas, 2012). Ces impacts sont particulièrement marqués en Nouvelle-Aquitaine et s'aggravent sous l'effet du changement climatique, menaçant directement la productivité agricole (ECOBIOSE, 2020). Face à ces problèmes, l'agroécologie, basée sur une gestion naturelle des sols, émerge comme une alternative prometteuse. Reconnue par les pouvoirs publics pour sa double portée : économique et environnementale, son approche valorise les processus biologiques naturels de gestion de la fertilité tout en maintenant des rendements satisfaisants (Joyeux & Enjalric, 2014). Elle permet notamment de réduire les coûts de production tout en restaurant les services écosystémiques offrant ainsi une réponse adaptée aux défis climatiques contemporains (Griffon et al., 2015).

L'agroécologie est définie comme l'application des concepts et principes écologiques à la conception et à la gestion des agroécosystèmes durables (Gliessman, 2014). Sa conception s'est élargie dans les années 1980 et 1990, en y intégrant des enjeux de transformation sociale (Tomich et al., 2011). Elle s'appuie notamment sur la valorisation de la matière organique (MO) comme fertilisant naturel (Altieri, 1986).

3.4. La matière organique

De manière simple, la matière organique est l'ensemble des composés d'origine végétale, animale ou microbienne (Marc & Jorge, 2022). En agriculture, on distingue essentiellement la matière organique du sol (Huber & Schaub, 2011) et la matière organique apportée, qui correspond majoritairement aux Matières Fertilisantes d'Origine Résiduaire (MAFOR) (ADEME, 2018). La matière organique du sol se présente sous quatre formes :

- La MO vivante (faune du sol, micro-organismes) qui assure la décomposition des autres formes organiques ;
- La MO fraîche (débris végétaux, cadavres) qui fournit des nutriments immédiats ;
- La MO labile, stade intermédiaire de décomposition, qui nourrit directement les plantes ;
- L'humus (80 % de la MO totale) qui garantit une fertilité durable (Huber & Schaub, 2011).

Les MAFOR sont l'ensemble des matières organiques fertilisantes, d'origine urbaine ou industrielle. Chaque année, la France en produit environ 729 millions de tonnes, qui sont appliquées sur près de 6,6 millions d'hectares de grandes cultures et de prairies. Les MAFOR utilisent 73 % des boues de stations d'épuration, 14,5 % des déchets ménagers, et sont composées à hauteur de 94 % des effluents d'élevages (ADEME, 2018).

3.4.1. *Intérêts de l'utilisation de la matière organique*

L'utilisation de la matière organique comme moyen de fertilisation agricole permet d'améliorer significativement la qualité des sols à plusieurs niveaux. Sur le plan physique, elle renforce la stabilité structurale (jusqu'à +70 % pour une augmentation de 1 à 2 % de MO) et optimise les propriétés hydriques (Koull & Halilat, 2015; Laboubee, 2007). Sur le plan chimique, elle améliore la capacité d'échange cationique, particulièrement dans les sols argileux, favorisant ainsi la nutrition végétale (Koull & Halilat, 2015). D'un point de vue environnemental, son utilisation limite la pollution tout en favorisant la biodiversité du sol. Ces bénéfices, en réduisant la dépendance aux chaînes d'approvisionnement longues et coûteuses en fertilisants minéraux, constituent un élément clé d'une gestion durable des sols, conciliant productivité et préservation des écosystèmes (Spain & Lavelle, 2003).

3.4.2. *Le pouvoir fertilisant des matières organiques*

Les matières organiques présentent des niveaux de stabilité et un pouvoir fertilisant variables. Ces caractéristiques dépendent fortement de leur origine ainsi que des traitements qu'ils ont subis. Ainsi, on constate une grande variabilité du pouvoir fertilisant des MAFOR qui sont catégorisées en 4 groupes : les boues, les effluents d'élevage, les composts, les autres matières organiques, elles-mêmes, réparties en plusieurs sous-catégories. Ces pouvoirs fertilisants sont quantifiés à l'aide de l'Indice de Stabilité de la Matière Organique (ISMO) (voir annexe A2). Un indice élevé traduit une matière organique stable, offrant une alimentation durable aux plantes (Roudaut et al., 2011).

- Effluents d'élevages

L'élevage représente en France la principale source de matières organiques. Il fournit 94 % des MAFOR principalement sous forme de fumier et de lisier. Ces produits sont très riches en nutriments (azote, phosphore, potassium) et constituent des amendements de choix pour améliorer la fertilité (ADEME, 2018; Houot et al., 2014). Le fumier stimule la biomasse du sol et accélère la minéralisation de l'azote. Cependant, son effet sur le stock de matière organique est limité, car il agit sur un court terme (Huber & Schaub, 2011).

- Boues

Les boues d'épuration constituent une source majeure de matière organique. Elles sont très riches en nutriments tels que azote, phosphore, potassium et oligo-éléments, mais peuvent aussi contenir de nombreux polluants tels que les métaux lourds et les résidus de médicaments (ADEME, 2018).

- Composts

Les composts sont composés d'ordures ménagères et de déchets verts. Ils sont obtenus par dégradation biologique grâce à l'action de micro-organismes et permettent d'améliorer la structure et la fertilité des sols (ADEME, 2018). L'utilisation de compost provenant des déchets ménagers a le potentiel d'augmenter de 10 % les rendements agricoles. Les déchets verts représentent 61 % des matières entrant en compostage en France en 2011 (Houot et al., 2014). Ils favorisent le stockage du carbone organique dans le sol, mais ont des effets limités sur la croissance des végétaux (Huber & Schaub, 2011).

- Autres matières organiques

Parmi les autres matières organiques figurent notamment les digestats, issus de la digestion anaérobie de la matière organique. Ce procédé peut réduire la fraction de phosphore immédiatement disponible pour les plantes, en particulier dans le cas du fumier de vache (Möller & Müller, 2012).

3.5. *Agriculture en Nouvelle-Aquitaine*

La Nouvelle-Aquitaine est une grande région agricole de la France et de l'Europe avec une occupation du sol très variée. Elle est, en France, la première région productrice de maïs, la cinquième pour le blé tendre et la troisième pour les oléagineux. Comme le montre la **figure 1**, les cultures céréalières sont particulièrement

concentrées dans les Landes, le Lot-et-Garonne, la Dordogne et le nord-ouest de la région. La viticulture constitue également un pilier majeur de sa production, avec 20 % du vignoble national réparti principalement entre les bassins de Bordeaux et de la Charente. Par ailleurs, le tissu agricole régional est dominé par des micro-exploitations (c'est-à-dire une production brute standard inférieure à 25 000 €), à l'exception de la Gironde (agreste, 2024).

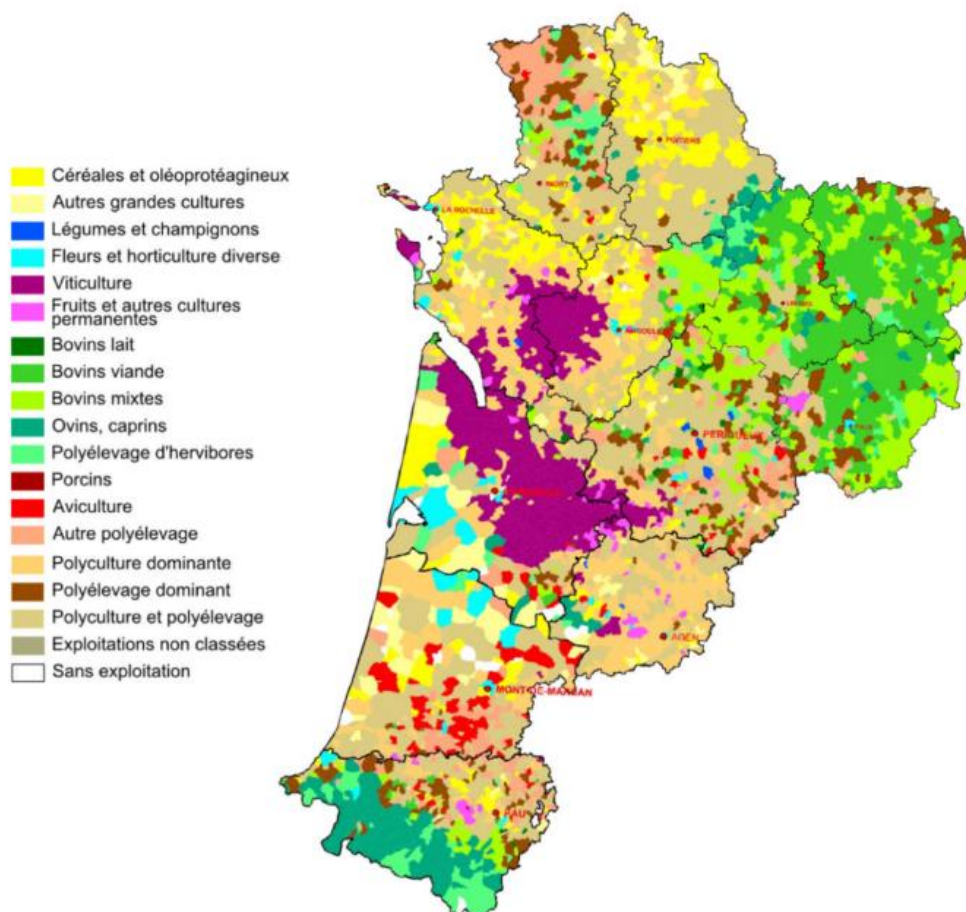


Figure 1 : Carte des activités agricoles dominantes par commune en 2010 (source : agreste-Recensement Agricole)

L'agriculture en Nouvelle-Aquitaine est majoritairement tournée vers les productions végétales (69 % de l'activité totale). Son évolution est marquée par une dynamique positive en agriculture biologique avec toutefois, une baisse légère des surfaces bio entre 2021 et 2022. La Dordogne émerge comme le département le plus engagé dans le bio, suivie par les Deux-Sèvres, la Vienne, la Gironde et le Lot-et-Garonne. Les conversions concernent principalement les surfaces fourragères, puis les grandes cultures et enfin la vigne (Bio Nouvelle Aquitaine & Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle Aquitaine, 2024).

3.6. Contexte pédologique de la Nouvelle-Aquitaine

Le pédopaysage de la Nouvelle-Aquitaine présente une variation assez considérable en certains endroits (**figure 2**). Il est marqué, suivant plusieurs études, par des podzols (sols typiques des zones sylvicoles) dans le sud-ouest de la Gironde et le nord des Landes, et par des sols peu évolués de type brunisols, cambisols, et des alocrisols développés sur roches cristallines dans les Pyrénées-Atlantiques et le Limousin. La Charente-Maritime et le nord de la Vienne présentent quant à eux, des formations plutôt calcaires (Laboubee, 2007; Savignan, 2020).

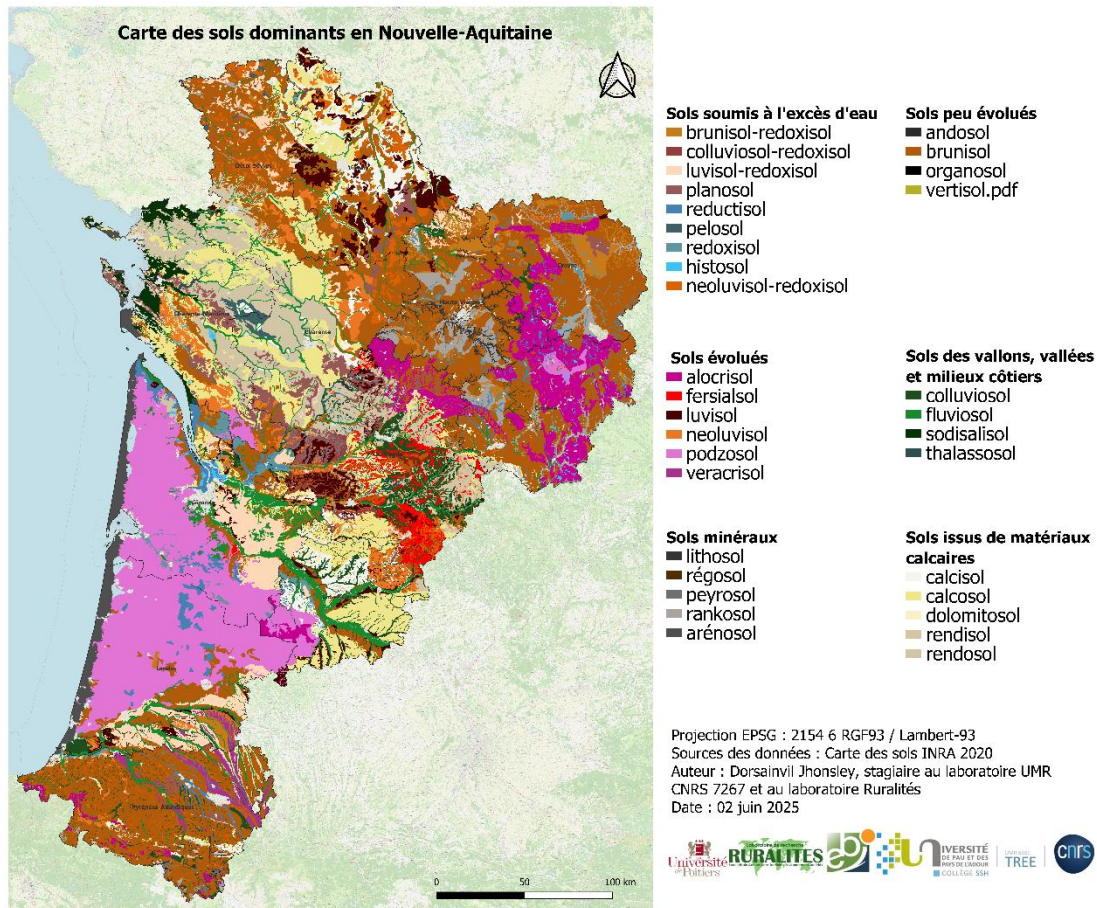


Figure 2 : Cartes des sols dominants en Nouvelle-Aquitaine (source des données : Carte des sols INRA)

Cette hétérogénéité pédologique se reflète dans la répartition du carbone organique des sols (**figure 3**). Les stocks y sont modestes (50 à 60 t/ha) dans les sols forestiers landais et girondins. En revanche, ils atteignent des niveaux élevés (+70 t/ha) sur les sols du Limousin et du sud-ouest béarnais. D'autres secteurs de la région enregistrent des contenus en carbone organique inférieurs à 50 t/ha (Laboubee, 2007).

Distribution géographique du carbone organique dans les sols de France (Arrouays *et al.*, 2001)

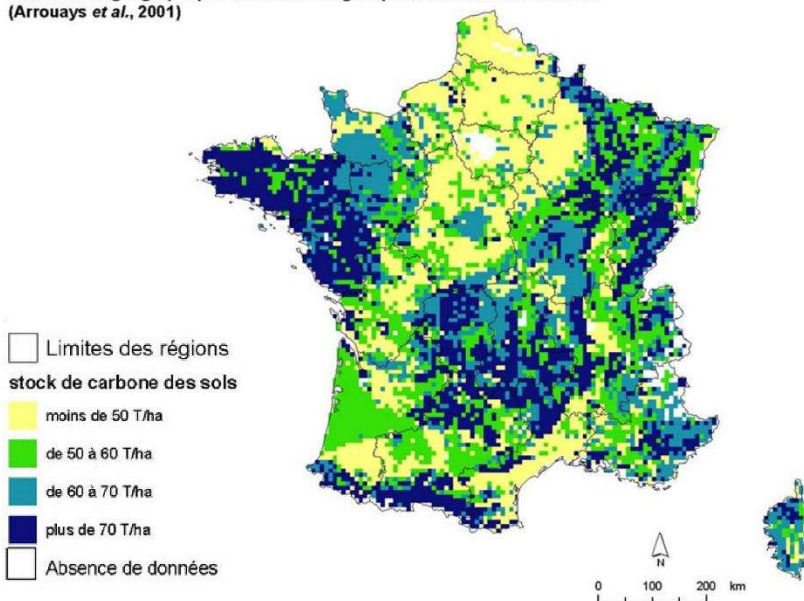


Figure 3 : Distribution géographique du carbone organique dans les sols de France (Source : INRA, 2001)

4. Matériels et méthodes

4.1. Logiciels et bases de données

La méthodologie de ce travail repose sur l'exploitation de plusieurs outils et logiciels dédiés au traitement, à l'analyse et à la visualisation des données et résultats. D'une part, les traitements statistiques et les analyses de données, incluant les analyses multivariées, ont principalement été réalisés avec le langage R (version 4.4.2), sur l'environnement de développement RStudio. Le logiciel Microsoft Excel a été utilisé pour les opérations légères en complément de RStudio. D'autre part, le logiciel SIG QGIS (version 3.40.7) a été utilisé pour le traitement des données géographiques, la cartographie des résultats et la visualisation spatiale.

Afin d'étudier l'influence des occupations du sol et des pédopaysages sur la structuration spatiale des pratiques de fertilisation agricole, les bases de données : Registre Parcellaire Graphique (RPG), du Recensement Agricole (RA) ainsi que la Carte des sols INRA ont été mobilisées.

Le RPG fournit les informations nécessaires à la caractérisation de l'occupation du sol et de son évolution à l'échelle parcellaire via les déclarations à la Politique Agricole Commune (PAC). Il informe sur les cultures pratiquées, la superficie et la localisation des îlots de parcelles. Malgré ses limites, telles que l'exclusion des parcelles non-éligibles à la PAC et l'absence de cultures secondaires, il est la base de données spatiale la plus complète et la plus régulièrement mise à jour en France (Marie et al., 2015 ; Preux, 2019).

Le RA fournit les informations sur les pratiques agricoles, en particulier les pratiques de fertilisation à l'échelle des exploitations. Cette base de données a la réputation d'être la plus complète dans le domaine agricole en France (Marie et al., 2015). En matière d'accès aux données, la chercheuse Hélène ROYER a procédé à l'extraction des données du RA via le Centre d'Accès Sécurisé aux Données (CASD), garantissant ainsi la conformité aux protocoles de sécurité des données sensibles. Elle y a extrait un tableau de données avec comme variables les pratiques de fertilisation et comme valeurs les pourcentages des surfaces agricoles utiles.

La carte des sols de l'INRA est utilisée pour caractériser les pédopaysages. Elle fournit une description fine des Unités Cartographiques de Sols (UCS), incluant leur surface, proportion et propriétés physiques.

4.2. Agrégation des données

Pour réaliser l'analyse croisée entre les différentes sources de données (RA, RPG, Carte des sols INRA) et ainsi étudier l'influence des occupations du sol et du pédopaysage sur les pratiques de fertilisation, l'agrégation des données spatiales constitue une étape fondamentale pour garantir l'harmonisation spatiale. Conformément à plusieurs travaux, une discrétisation du territoire en mailles hexagonales a été retenue. Ce modèle de maillage à l'avantage d'être régulier dans l'espace et dans le temps, contrairement au maillage communal qui a une forte disparité spatiale et temporelle (Marie et al., 2015; Preux, 2019).

Une première discrétisation de l'espace en mailles hexagonales de 2,5 km de rayon (cercle inscrit) a été réalisée. Cette résolution fine a permis d'analyser l'occupation du sol et son évolution avec un niveau de détail élevé. Cependant, cette échelle, étant inapplicable aux données de fertilisation (données du RA) sans compromettre le secret statistique, une seconde discrétisation avec des mailles hexagonales de 12 km de rayon (cercle inscrit) a été réalisée. Cette discrétisation a permis de comparer sur une même base géographique : l'occupation du sol, la fertilisation et le pédopaysage (**figure 4**).

4.2.1. Agrégation des données du Registre Parcellaire Graphique

L'étude de l'évolution temporelle des occupations du sol s'appuie sur les données du RPG des années 2007, 2011, 2015, 2019 et 2023. L'analyse de l'occupation du sol, quant à elle, repose sur la version 2022 du RPG. Ce choix s'explique par l'accès à un jeu de données intitulé RPG complété 2022, produit par l'INRAE. Ce fichier intègre les parcelles non éligibles à la PAC en 2022, donc absentes du RPG 2022. De ce fait, il a été utilisé pour compléter le RPG 2022 et en faire un jeu de données plus exhaustif.

La sélection des variables comprend vingt groupes culturaux : Estives et landes, Blé tendre, Maïs grain et ensilage, Orge, Autres céréales, Colza, Tournesol, Autres oléagineux, Plantes à fibres, Légumineuses à grains, Fourrage, Prairies permanentes, Prairies temporaires, Vergers, Vignes, Autres cultures industrielles, Légumes ou fleurs, Divers, Protéagineux et Fruits à coque. Pour la sélection des individus, un seuil spatial minimum de 20 % de SAU par maille a été fixé afin de garantir la robustesse et la représentativité des données de l'analyse.

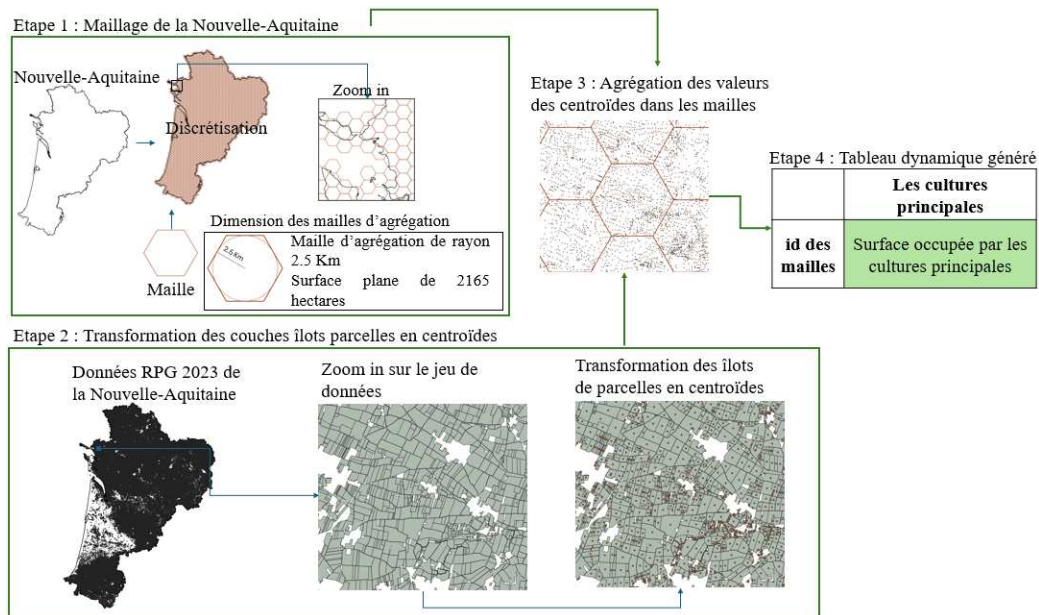


Figure 4 : Architecture du processus d'agrégation des données du RPG.

Afin d'assurer le suivi de l'évolution de l'occupation du sol sur les cinq années retenues, tout en garantissant la robustesse et la représentativité des données, seules les mailles présentant une SAU supérieure ou égale à 20 % sur l'ensemble des millésimes ont été conservées.

4.2.2. Agrégation des données de la carte des sols de l'INRA

Notre méthodologie d'agrégation pédologique repose sur une approche typologique intégrant systématiquement la surface occupée et la proportion relative de chaque unité de sol, plutôt que sur l'attribution simplifiée du type majoritaire. Cette démarche exploite les données détaillées de la carte des sols de l'INRA, où ces paramètres sont précisément documentés (figure 5).

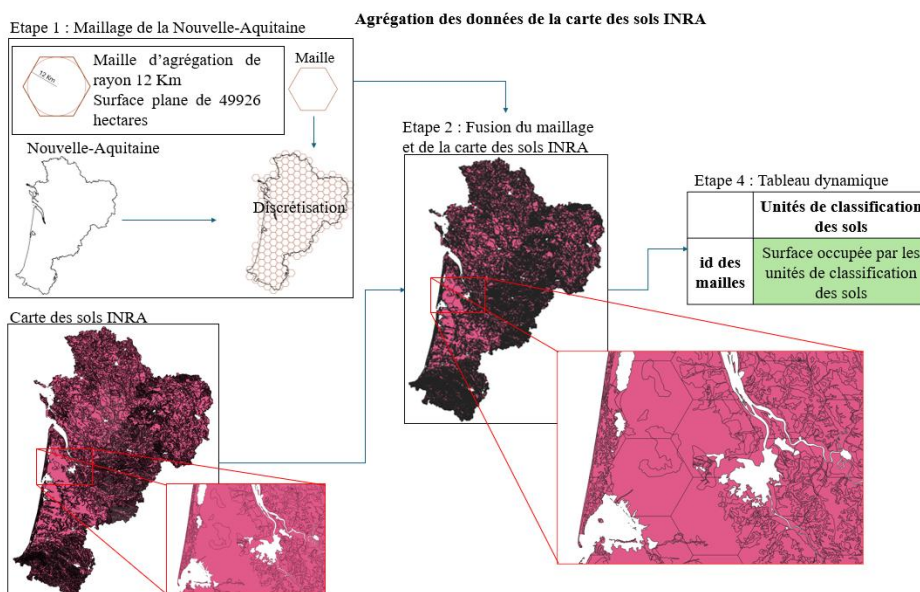


Figure 5 : Architecture du processus de l'agrégation des données de la Carte des sols INRA (carte des sols de 2020).

En préservant la complexité pédologique des espaces hétérogènes, ce choix évite la surreprésentation systématique des sols dominants. Ces derniers peuvent en effet présenter des différences marginales avec d'autres types dans certains contextes, empêchant ainsi l'imposition artificielle d'une homogénéité non vérifiée sur le terrain.

4.3. Réalisation des typologies

À l'issue de cette étape d'harmonisation spatiale (agrégation spatiale des données), une typologie a été réalisée pour chacun des composants agro-environnementaux étudiés (occupation du sol, types de sols, pratiques de fertilisation). Cette démarche vise à regrouper les mailles présentant des caractéristiques similaires, à réduire la complexité des données agrégées en produisant une lecture synthétique du territoire sous forme de classes homogènes. Elle permet ainsi d'identifier des régularités spatiales et de faciliter l'interprétation des relations entre les différents composants agro-environnementaux.

La construction de nos typologies se fait en deux étapes. La première étape consiste en une Analyse en Composantes Principales (ACP), poursuivant trois objectifs complémentaires : l'identification et l'exclusion des individus aberrants, la neutralisation des corrélations inter-variables, et la réduction dimensionnelle des données (Marie et al., 2015; Preux, 2019). Cette dernière retient uniquement les composantes principales expliquant cumulativement au moins 80 % de l'inertie totale (**figure 6**).

La seconde étape met en œuvre une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) sur les coordonnées factorielles issues des composantes sélectionnées (**figure 6**). Cette approche permet de regrouper les individus en classes homogènes selon leur proximité dans l'espace projeté (Marie et al., 2015; Preux, 2019).

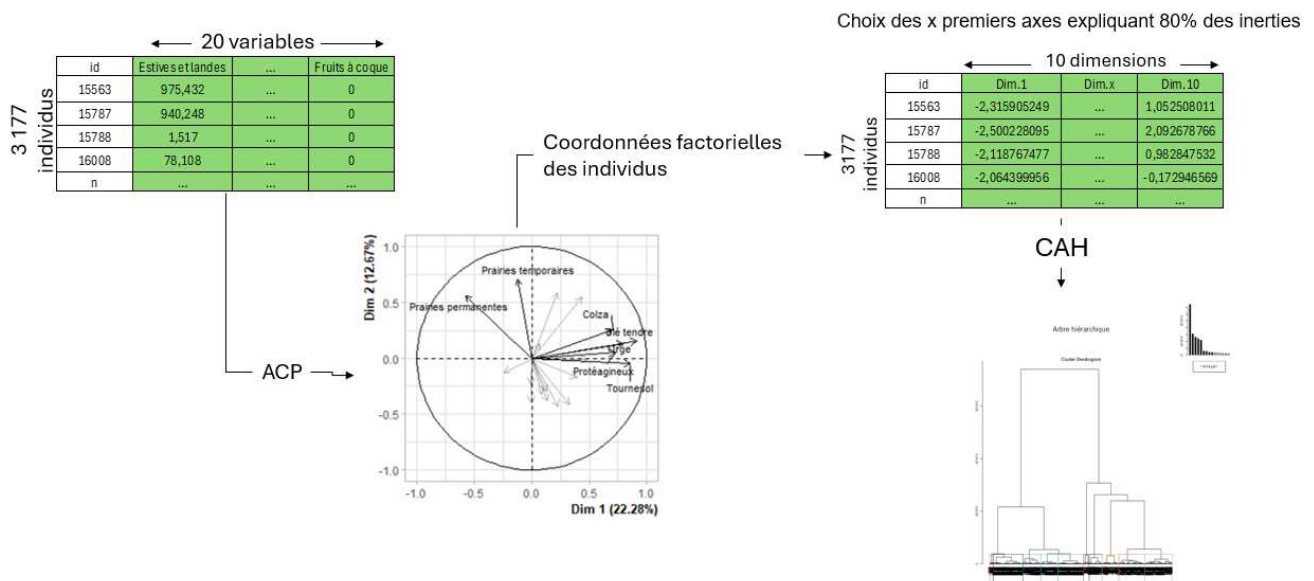


Figure 6 : Exemple de schéma expliquant le processus de réalisation de la typologie des occupations du sol.

➤ Trajectoire d'évolution des occupations du sol

L'étude de la trajectoire d'évolution des occupations du sol s'appuie sur la méthode des typologies des histoires, telle qu'employée dans les travaux de Preux T. (2019). Elle permet de suivre les évolutions spatiales des systèmes d'occupation du sol sur une base référentielle commune, d'analyser leurs dynamiques et d'identifier (dans la suite du projet) les facteurs explicatifs de ces dynamismes. Elle offre également un cadre pour évaluer la stabilité des usages dans le temps et les considérer comme représentatifs ou pas, des systèmes agricoles de la Nouvelle-Aquitaine, en lien avec le pédopaysage et les pratiques de fertilisation.

Concrètement, elle consiste à constituer un tableau initial rassemblant, pour l'ensemble des années retenues (2007, 2011, 2015, 2019 et 2023), les variables sélectionnées en colonnes et les individus (mailles hexagonales) en lignes. Une ACP est appliquée à ce tableau, afin de projeter l'ensemble des observations dans un espace

multidimensionnel unifié. Les 12 premières composantes principales, représentant plus de 80 % de l'inertie totale, sont alors conservées.

Le tableau ainsi réduit est alors réorganisé en plaçant les années en colonnes, de manière à faire apparaître les trajectoires temporelles des individus. Enfin, une CAH est réalisée sur ce nouveau tableau afin de regrouper les mailles présentant des dynamiques d'évolution similaires au fil des cinq millésimes étudiés (**figure 7**).

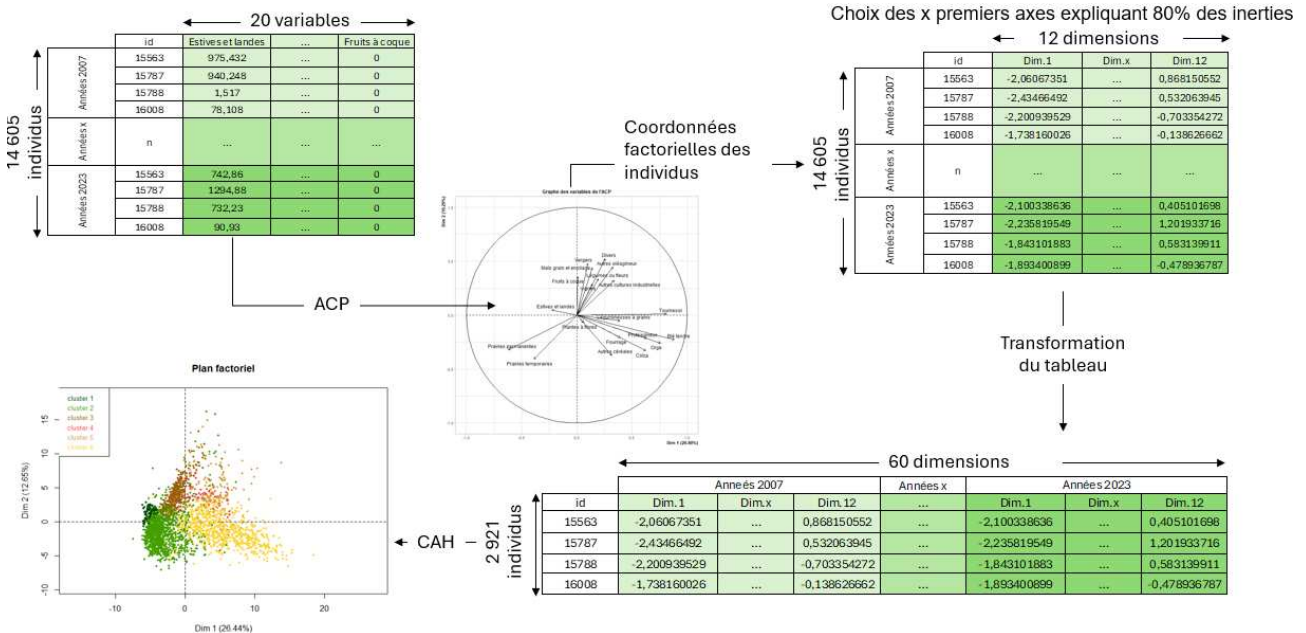


Figure 7 : Schéma du processus de réalisation de la typologie des trajectoires d'occupation du sol de 2007 à 2023.

4.4. Détermination des liens d'interdépendance et mesure de leur force

Les étapes précédentes ont permis d'obtenir, pour chacun des paramètres agro-environnementaux étudiés (occupation du sol, type de sol, pratique de fertilisation), un tableau de classification caractérisant la région Nouvelle-Aquitaine. À partir de ces tableaux, trois matrices de convergence ont été construites en croisant les couples de paramètres [(occupation du sol ; type de sol), (occupation du sol ; pratique de fertilisation), (type de sol ; pratique de fertilisation)]. Des tests χ^2 ont été appliqués à ces matrices afin d'évaluer l'existence de relations de dépendance (**voir annexe A3**). En cas de dépendance significative, le V de Cramér a été calculé pour quantifier la force de l'association. Toutefois, dans cette étude, les mailles limitrophes de la Nouvelle-Aquitaine sont exclues de l'analyse, car elles ne représentent qu'une fraction du territoire.

4.5. Estimation de l'organisation spatiale du parcellaire

L'organisation spatiale du parcellaire influence directement l'efficacité des interventions agricoles, et de ce fait, la gestion du sol (Puech et al., 2020). Dans cette étude, on a analysé l'organisation spatiale du parcellaire via la méthode de Renard M., avec le calcul des indices de groupement et de structure (Renard, 1972) pour voir comment elle jouera sur la massification de pratiques agroécologiques. Basées sur la localisation théorique du centre des exploitations, ces analyses ne permettent pas une corrélation exacte avec l'occupation du sol qui repose sur les parcelles. Toutefois, à l'échelle régionale, les comparaisons restent significatives. L'approche considère également les mailles dont la SAU cumulée est inférieure à 20 % du fait que les parcelles d'une même exploitation ne sont pas toujours regroupées autour de son siège.

Pour réaliser ces calculs, un barycentre pondéré par la surface des îlots de parcelles de chaque exploitation a été généré à l'aide de QGIS. Ce barycentre est considéré comme le centre théorique de l'exploitation. À partir de ce centre, l'indice de groupement a été calculé afin d'évaluer le degré de dispersion spatiale des parcelles par rapport au centre d'exploitation. Plus cet indice est élevé, plus il indique que certaines parcelles sont éloignées du centre de l'exploitation, traduisant ainsi une répartition étalée (**voir annexe B2**).

$$I_g = \frac{R}{R_e}$$

I_g *Indice de groupement*

R *Distance du centre de l'exploitation au centroïde de la parcelle la plus éloignée*

R_e *Rayon de la surface d'un cercle équivalente à la surface de l'exploitation*

Le second indicateur, appelé indice de structure, est calculé à partir de l'indice de groupement et de la surface moyenne des parcelles de l'exploitation. Plus cet indice se rapproche de zéro, plus cela traduit une bonne structuration parcellaire, c'est-à-dire une exploitation très non fragmentée (**voir annexe B3**).

$$I_s = \frac{I_g}{S_m}$$

I_s *Indice de structure*

S_m *Surface moyenne des parcelles de l'exploitation*

Afin d'affiner l'analyse de l'organisation spatiale, l'étude s'est également portée sur la cartographie de la superficie des exploitations et sur leur composition parcellaire. La première renseigne sur la taille des exploitations et permet de les comparer aux types d'occupation du sol, tandis que la seconde met en évidence leur composition parcellaire.

Pour cartographier les indices de Renard et les deux paramètres complémentaires, une discrétisation statistique et une discrétisation spatiale en mailles hexagonales de 5 km ont été réalisées. Des classes de valeurs ont été définies pour chaque indicateur et paramètre, et le nombre d'exploitations par classe et par maille a servi de base aux analyses (**voir annexes B1, B2 et B3**). Ces tableaux ont ensuite alimenté les CAH, dont les résultats ont été cartographiés.

4.6. Limites des données et contraintes méthodologiques

L'exploitation des données issues du Registre Parcellaire Graphique (RPG) présente certaines limites méthodologiques. Ce registre ne recense que les parcelles déclarées dans le cadre de la Politique Agricole Commune (PAC), excluant ainsi de nombreux systèmes agricoles non déclarés. Pour l'analyse de l'occupation du sol en 2022, cette lacune a pu être comblée grâce à l'utilisation du RPG complété, qui contient les parcelles non-éligibles à la PAC. En revanche, cette complétude n'est pas disponible pour les années antérieures, ce qui n'a pas permis son utilisation en complément du RPG classique dans l'analyse des trajectoires d'évolution.

D'autre part, le RPG ne prend en compte que les cultures principales annuelles déclarées, ce qui ne reflète pas la complexité réelle des systèmes agricoles, notamment les rotations culturales intra-annuelles. Cette simplification peut conduire à une sous-estimation de la diversité culturelle effective des territoires agricoles.

Une seconde limite réside dans l'hétérogénéité temporelle des jeux de données mobilisés. Les paramètres agro-environnementaux analysés proviennent en effet de millésimes distincts : l'occupation du sol couvre la période 2022, les pratiques de fertilisation s'appuient sur le Recensement Agricole de 2020 et les pédopaysages reposent sur des référentiels cartographiques datant approximativement de 2020. Ce décalage chronologique pourrait altérer la validité des interprétations corrélatives, particulièrement dans les territoires connaissant des transitions agricoles accélérées. Toutefois, les trajectoires d'occupation du sol observées entre 2019 et 2023 révèlent une relative stabilité des grands systèmes culturels, atténuant partiellement ce biais.

5. Résultats et discussions

5.1. Résultats préliminaires sur la pertinence du RPG complété 2022

L'objectif ici est d'évaluer si l'intégration des données du RPG complété 2022 au RPG « classique » améliore significativement la précision et la représentativité des analyses agricoles, et si cet ajout est justifié pour les travaux de recherche et de cartographie au niveau du projet MAIA.

➤ Évolution globale des surfaces

L'ajout du RPG complété entraîne une augmentation globale de 9,16 % des surfaces recensées par rapport au RPG seul, soit environ 345 360 ha supplémentaires. Cette progression est loin d'être uniforme : elle se concentre sur certaines catégories culturales, ce qui implique des effets hétérogènes selon les systèmes de culture (**figure 8 et 9**).

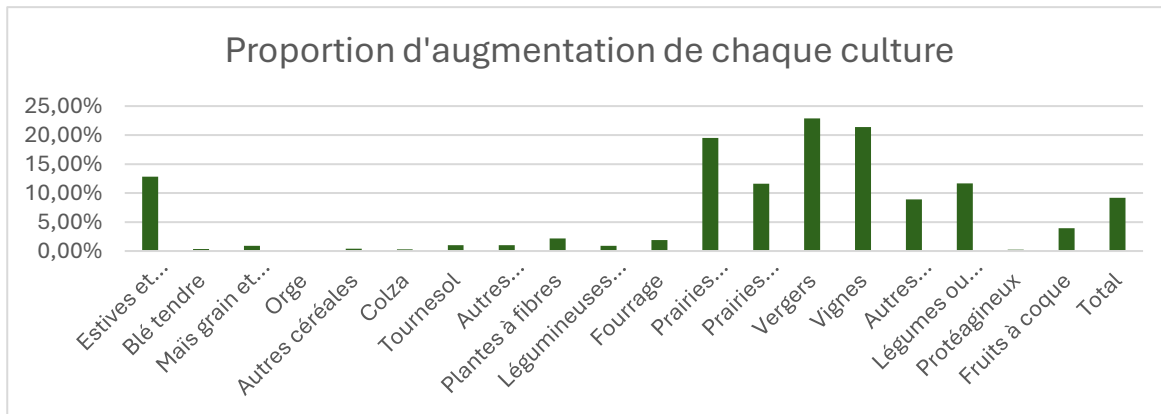


Figure 8 : Pourcentage d'augmentation de chaque culture du RPG complété par rapport au RPG classique

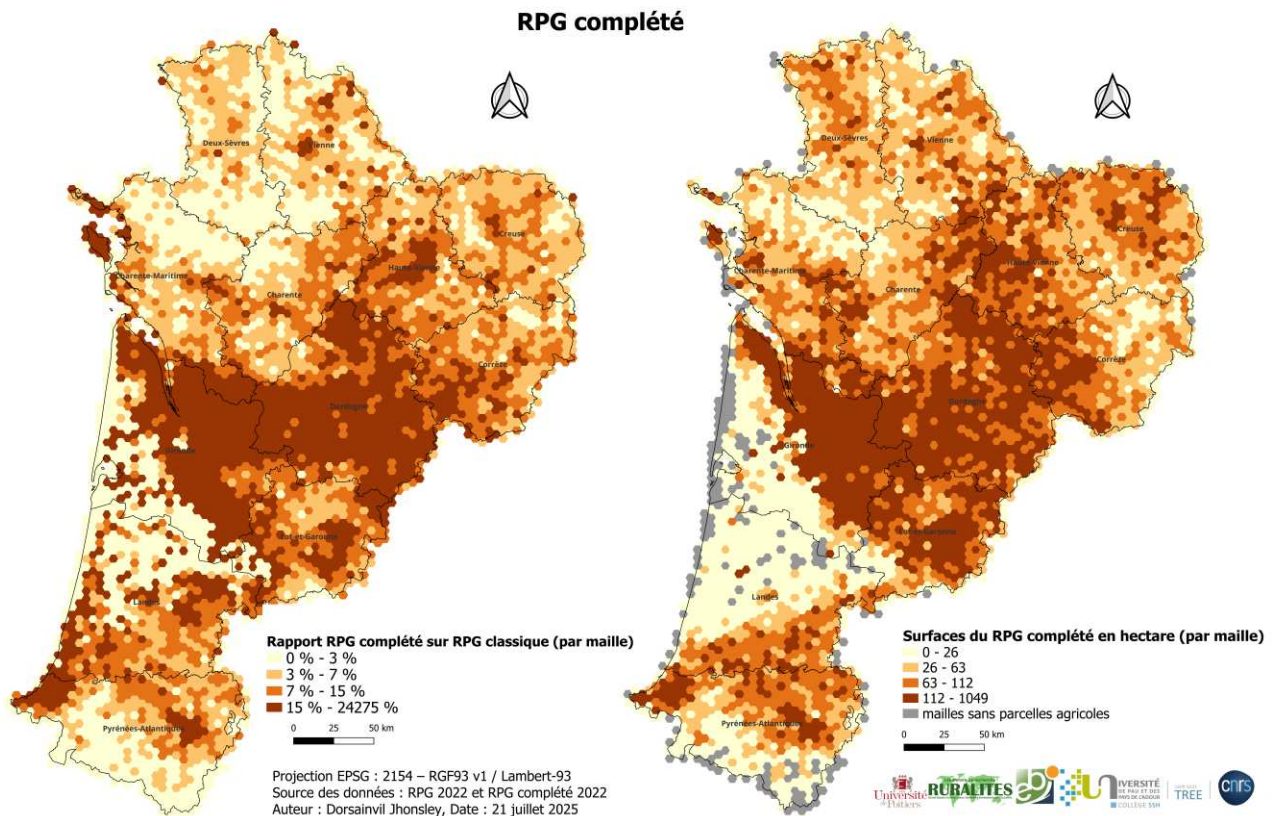


Figure 9 : Comparaison RPG classique et RPG complété (mailles 2,5 km)

L'analyse de la **figure 8** montre que certaines cultures sont nettement sous-représentées dans le RPG 2022. Les cultures permanentes (vignes, vergers) et les prairies permanentes sont les plus touchées, avec plus de 19 % de leur surface non recensée. D'autres cultures, comme les légumes et fleurs, les prairies temporaires ou les estives et landes, ont plus de 10 % de leur surface non représentée. Par ailleurs, la **figure 9** montre une répartition très hétérogène des parcelles exclues du RPG 2022, souvent associées à des cultures spécifiques, ce qui peut biaiser les analyses d'occupation du sol.

Ainsi, pour les travaux portant sur les prairies, les cultures permanentes (vignes, vergers), les estives et les landes ou encore certaines productions spécialisées (légumes, fleurs), l'intégration du RPG complété est très importante. Sans cet apport, le risque de sous-estimation est élevé dans les espaces où ces cultures sont très présentes, ce qui peut biaiser les diagnostics territoriaux et les bilans par culture. En revanche, pour les analyses centrées exclusivement sur les grandes cultures annuelles, la valeur ajoutée du RPG complété est marginale ; son intégration peut alors être omise si l'objectif est uniquement de décrire la répartition et la surface de ces cultures.

5.2. Occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine en 2022

La Nouvelle-Aquitaine s'étend sur environ 8,47 millions d'hectares. Selon les principales cultures retenues dans notre analyse (hors SAU de moins de 20 %), environ 3,99 millions d'hectares sont exploités à des fins agricoles. Parmi cette surface, 33,96 % sont occupées par des prairies permanentes, représentant à elles seules un tiers de la surface agricole régionale. Les prairies temporaires représentent 7,49 % de cette surface, le tournesol 5,81 %, la vigne 4,97 %, le maïs grain et ensilage 11,79 %, et le blé tendre 11,83 %. Certaines cultures sont très faiblement représentées, dont les plantes à fibres qui n'occupent que 0,02 % (**figure 10**).

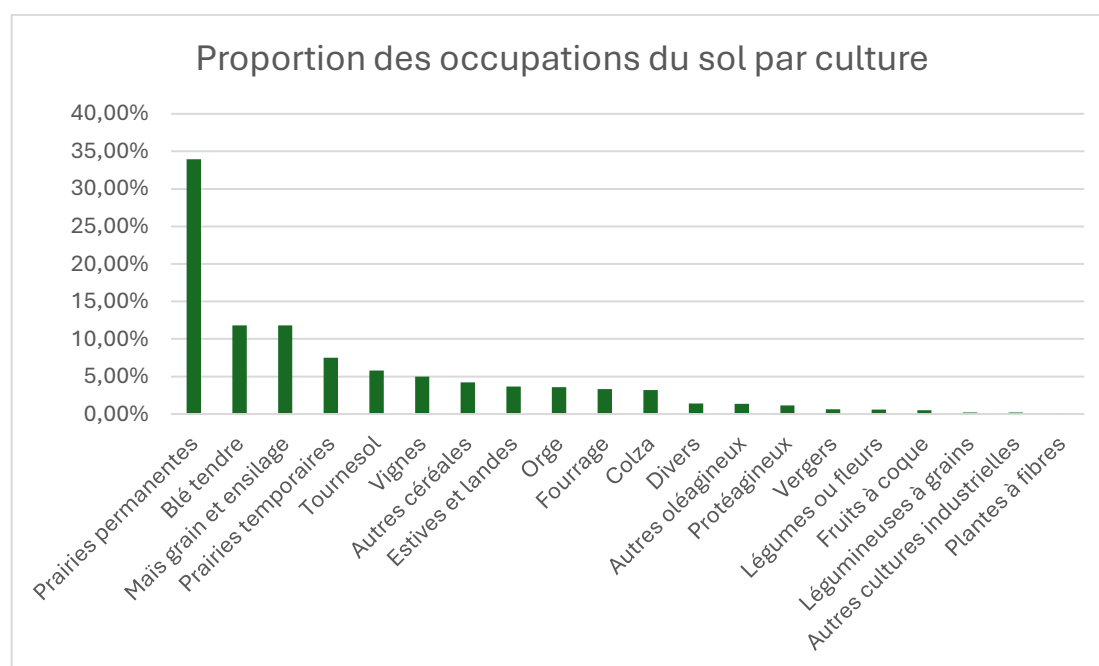


Figure 10 : Proportion d'occupation du sol par culture en Nouvelle-Aquitaine (RPG 2023).

La répartition spatiale des grandes occupations du sol en Nouvelle-Aquitaine (**figure 11**) révèle une occupation du sol fortement diversifiée répartie en 3 grandes catégories : les systèmes principalement fourragers, les systèmes cultureux orientés vers les grandes cultures, les systèmes dominés par les cultures permanentes.

Les systèmes fourragers représentent la principale forme d'exploitation agricole en Nouvelle-Aquitaine. Ils couvrent près de la moitié (49,85 %) des zones agricoles avec une SAU d'au moins 20 %. Cette superficie équivaut à environ 3,56 millions d'hectares, dont 1,87 million d'hectares sont des surfaces agricoles utiles, soit 52,5 %. Géographiquement, ces systèmes se concentrent principalement dans trois ensembles distincts : le nord-est de la région, englobant le Limousin et la Dordogne ; le nord-ouest des Deux-Sèvres ; et le sud des

Pyrénées-Atlantiques. Ces territoires se caractérisent par une forte dominance des prairies permanentes, particulièrement visible en Corrèze et en Dordogne, et des systèmes dominés sur les estives et les landes dans les secteurs méridionaux des Pyrénées-Atlantiques.

Les systèmes cultureux dédiés aux grandes cultures occupent environ 31,41 % de la surface agricole régionale ayant au moins 20 % de SAU. Ils correspondent à 1,34 million d'hectares avec environ 53 % réellement en production agricole. Ces systèmes se situent principalement dans le nord-ouest de la Nouvelle-Aquitaine, dans les départements des Deux-Sèvres, de la Vienne et de la Charente-Maritime, ainsi que le Lot-et-Garonne et le sud des Landes et Pyrénées-Atlantiques. Ce système se distingue par la prédominance du blé tendre dans la partie nord-ouest, et du maïs grain et ensilage dans le sud (Landes et Pyrénées-Atlantiques).

Enfin, les systèmes à cultures permanentes, structurés autour de la vigne et des vergers, couvrent pour leur part 18,74 % de la surface agricole ayant au moins 20 % de SAU. Ils s'étendent sur près de 2,24 millions d'hectares, avec 63 % cultivés. On observe une forte concentration de ces systèmes dans les départements de la Gironde, de la Charente et de la Charente-Maritime. En périphérie des zones viticoles intensives et dans les départements de Charente et Charente-Maritime, les systèmes sont plus hétérogènes, combinant aux cultures permanentes d'autres productions telles que le tournesol ou l'orge.

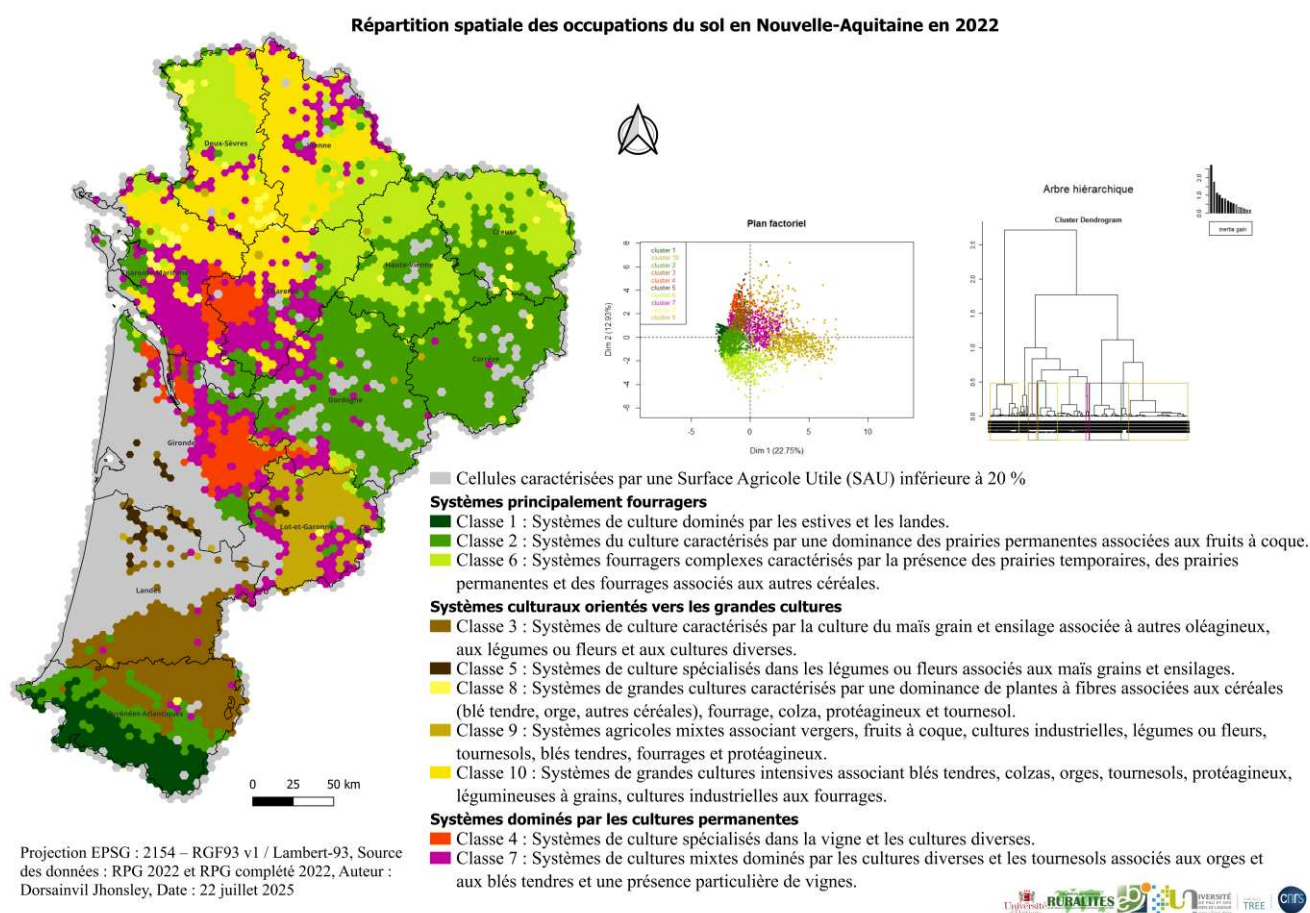


Figure 11 : Cartographie de la classification des usages du sol de la Nouvelle-Aquitaine en 2022 (mailles 2,5 km)

5.3. Dynamique de l'occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine de 2007 à 2023

La Nouvelle-Aquitaine présente, suivant la **figure 12**, une dynamique des occupations du sol assez hétérogène allant de 2007 à 2023. Tenant compte de l'ampleur des modifications de ces occupations, 3 grandes catégories ont été observées : les espaces avec une occupation du sol stable ou ayant très peu évoluée, les espaces avec une dynamique d'occupation du sol ayant moyennement évoluée et les espaces ayant une forte évolution des occupations du sol.

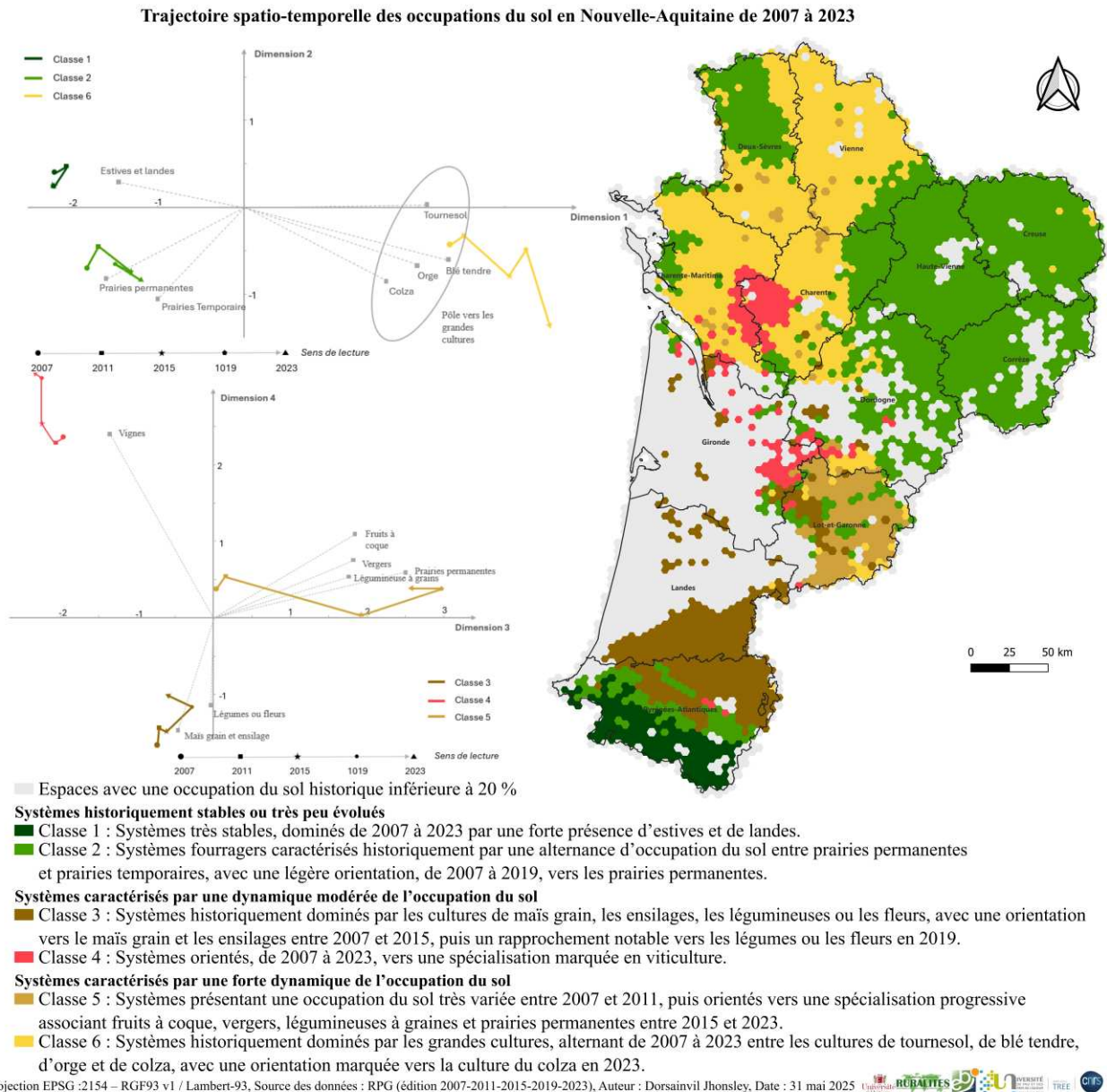


Figure 12 : Cartographie de la trajectoire spatio-temporelle des occupations du sol en Nouvelle-Aquitaine 2007 – 2023 (mailles 2,5 km)

A. Les systèmes stables ou ayant très peu évolués

La région Nouvelle-Aquitaine est majoritairement marquée par une stabilité de l'occupation du sol entre 2007 et 2022. Cette stabilité concerne principalement les zones dominées par des systèmes fourragers, comme le révèle la comparaison avec la carte d'occupation du sol en 2022. Ces territoires, caractérisés par une permanence du couvert fourrager, présentent peu ou pas de transformations notables sur la période étudiée. Les espaces concernés se situent dans le Limousin, le Lot-et-Garonne, la partie méridionale des Pyrénées-Atlantiques, ainsi que le nord-ouest des Deux-Sèvres. Ces régions apparaissent ainsi comme des foyers de résilience agraire, où les systèmes fourragers sont restés prédominants sans connaître de changements visibles, traduisant une forte inertie paysagère liée aux dynamiques agricoles en place.

B. Les systèmes à dynamique modérée

La catégorie des systèmes à dynamique modérée regroupe les espaces géographiques ayant connu une évolution modérée de l'occupation du sol entre 2007 et 2023. Elle concerne des régions viticoles en expansion, comme celles des zones Bacchus (dans la Gironde, la Charente, la Charente-Maritime), où l'on observe un

renforcement progressif de l'activité viticole. Cette dynamique peut s'expliquer, en partie, par l'intégration progressive de nouvelles parcelles de vigne dans le Registre Parcellaire Graphique (RPG). Par ailleurs, dans le sud de la Nouvelle-Aquitaine, une évolution moyenne des occupations du sol est également perceptible. Elle se manifeste par une faible alternance entre le maïs grain et ensilage et les cultures de légumes ou de fleurs, avec toutefois une forte polarisation persistante vers le maïs grain et ensilage. Ces évolutions, bien que modérées, traduisent une relative stabilité structurelle de l'occupation du sol dans ces territoires, les systèmes agricoles y restant majoritairement inscrits dans leur logique dominante.

C. Les systèmes ayant fortement évolués

La catégorie des systèmes fortement évolués regroupe l'ensemble des espaces caractérisés par une forte dynamique d'évolution de l'occupation du sol entre 2007 et 2023. Dans la classe 5, principalement située dans le département Lot-et-Garonne, les transformations s'expriment par des oscillations entre systèmes fourragers et grandes cultures, traduisant des réorganisations agricoles successives. Cette évolution s'explique par l'observation de l'occupation du sol en 2022 et 2023, qui révèle une forte diversification des usages du sol, avec une prédominance des grandes cultures, accompagnées de systèmes fourragers. Dans la classe 6, l'évolution se manifeste par une alternance entre différentes cultures appartenant toutes au groupe des grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux), sans changement de catégorie fonctionnelle. Ainsi, bien que ces espaces soient marqués par une instabilité apparente des usages agricoles, ils restent structurellement inscrits dans une logique de grandes cultures, soulignant une dynamique d'adaptation forte, mais sans changement profond.

➤ Conclusion

En définitive, l'analyse de l'évolution de l'occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine entre 2007 et 2023 révèle une dynamique globalement marquée par la continuité. Bien que certaines zones témoignent de spécialisations agricoles renforcées, comme c'est le cas pour les territoires viticoles en expansion, ou d'oscillations entre types de cultures au sein d'une même catégorie de système d'occupation du sol, l'ensemble du territoire ne présente pas de rupture majeure d'usage du sol. La prédominance persistante des systèmes fourragers dans certaines régions, la relative stabilité des systèmes à dynamique modérée, et les transformations plus marquées, mais toujours circonscrites aux grandes cultures dans d'autres zones traduisent des catégories d'occupation du sol très stables. Ainsi, malgré les évolutions observées, l'occupation du sol en Nouvelle-Aquitaine reste, dans sa structure, largement similaire à celle de 2007.

5.4. Pédopaysages en Nouvelle-Aquitaine

L'analyse typologique des pédopaysages, fondée sur la carte des sols de l'INRA (2020), a permis de simplifier les 34 unités pédologiques initialement recensées en sept grands types de sols dominants à l'échelle régionale. Cette simplification révèle une forte cohérence entre la nature des sols et les grandes catégories d'occupation du sol observées sur la période 2007–2023 (**figure 13**). D'une part, les podzosols (classe 1), localisés dans le sud de la Gironde et le nord des Landes, coïncident avec des zones à très faible SAU, généralement inférieure à 20 %, en raison de contraintes pédologiques marquées peu propices à l'intensification agricole.

D'autre part, les sols calcaires des classes 2 et 5, présents dans le nord-ouest de la région (Vienne, les Deux-Sèvres, la Charente-Maritime), correspondent aux territoires les plus engagés dans les grandes cultures et les cultures permanentes, comme le blé tendre ou la vigne. Ces secteurs présentent une dynamique d'usage du sol modérée ou marquée, mais toujours dans une même catégorie d'occupation du sol. La classe 3, composée de sols de type arénosol, fersiasol, colluviosol ou brunisol, est quant à elle dispersée sur les marges régionales, le littoral et les grands axes hydrographiques. Ces zones sont essentiellement occupées par de grandes cultures, dont les maïs grains et ensilages et en moindre importance par des systèmes fourragers. Les luvisols-redoxisols de la classe 4, concentrés autour du réseau hydrographique de la Garonne est une zone essentiellement et historiquement viticole.

Enfin, les classes 6 et 7, respectivement dominées par des alocrisols et des brunisols (la seconde étant plus diversifiée), sont caractéristiques des zones fourragères. Leur présence dans des espaces à faible évolution de l'occupation du sol (Limousin, Pyrénées-Atlantiques, nord-ouest des Deux-Sèvres) confirme leur rôle structurant dans la pérennité des systèmes fourragers.

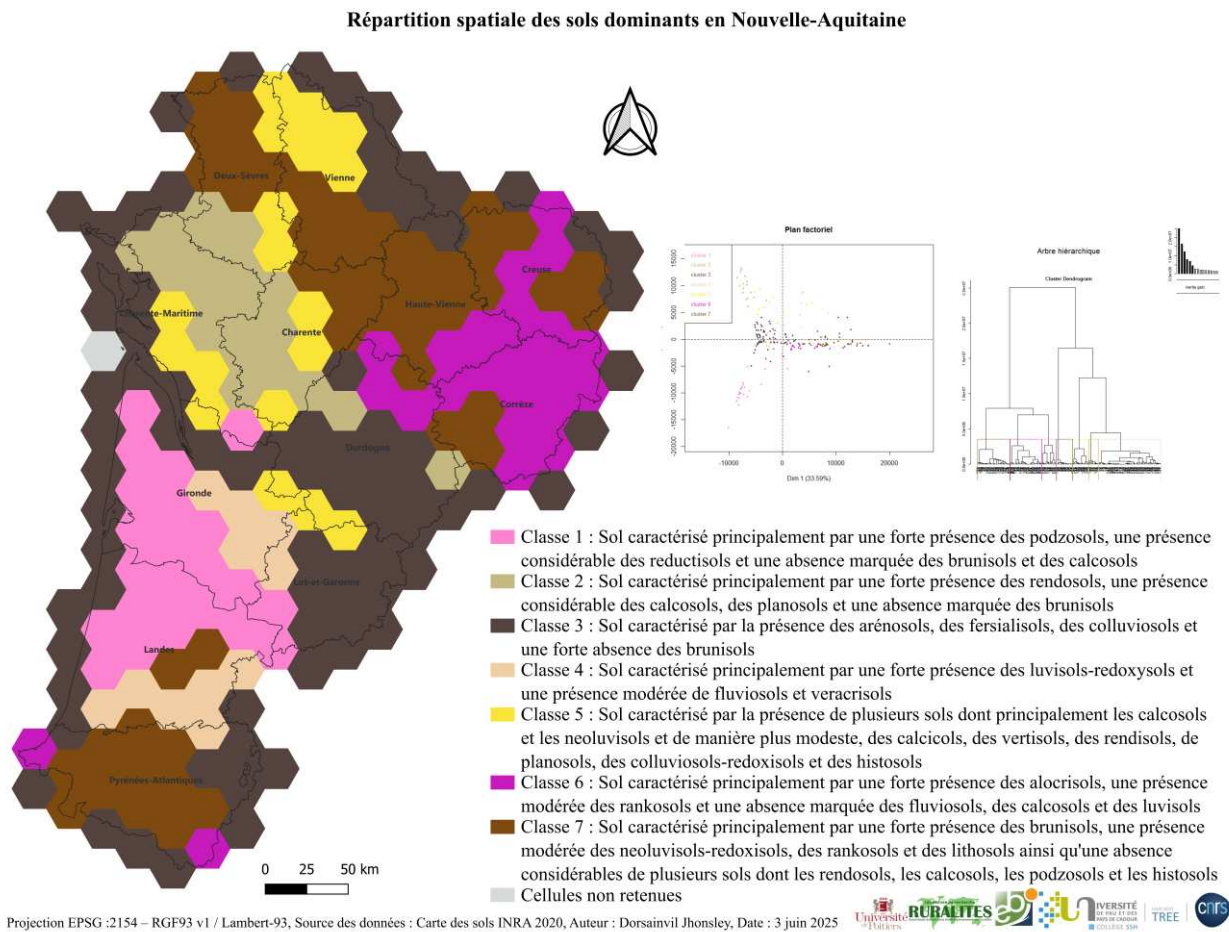


Figure 13: Cartographie des sols dominants en Nouvelle-Aquitaine (mailles 12 km)

➤ Conclusion

Cette typologie pédologique éclaire les dynamiques agricoles régionales : elle montre que, malgré certaines évolutions localisées ou spécialisations sectorielles (notamment viticoles), la structure agronomique des sols reste un facteur dépendant de la stabilité des systèmes d'occupation du sol. En d'autres termes, la carte des sols permet de comprendre l'inertie observée dans les usages agricoles entre 2007 et 2023, renforçant l'idée que les dynamiques spatiales se déploient en considérant les cadres pédologiques existants.

5.5. Typologie des bouquets de pratiques de fertilisation

La carte de la répartition spatiale des pratiques de fertilisation des sols en Nouvelle-Aquitaine (**figure 14**) révèle une organisation étroitement liée à la fois à la nature des sols et aux formes d'occupation du sol. Cette lecture croisée met en évidence trois grands profils, où les catégories de fertilisation sont en lien avec les dynamiques d'occupation du sol et au type de sol.

A. Espaces utilisant très faiblement la fertilisation

La majeure partie de la superficie régionale est peu concernée par l'usage de fertilisants. Cette faible utilisation de fertilisant concerne principalement deux types d'espaces : d'une part, les zones où la Surface Agricole Utile (SAU) représente moins de 20 % du territoire, et d'autre part, les territoires dominés par des systèmes fourragers. Les premières sont généralement localisées sur des sols à faible potentiel agronomique (podzols),

peu favorables à l'agriculture intensive. Quant aux systèmes fourragers, ils recouvrent de vastes espaces qui recourent peu ou pas à la fertilisation, à l'exception du nord-ouest des Deux-Sèvres.

B. Espaces utilisant majoritairement la fertilisation minérale

La fertilisation minérale est principalement pratiquée dans les espaces dominés par les grandes cultures. Au sein de ces territoires, on distingue trois types de pratiques. La première repose sur un usage quasi-exclusif d'engrais minéraux. La deuxième combine la fertilisation minérale avec d'autres pratiques de gestion durable des sols, telles que l'implantation de cultures intermédiaires pièges à nitrates (CIPAN) ou l'adoption de techniques de conservation. Enfin, la troisième associe la fertilisation à la mise en place de cultures intermédiaires non exclusivement orientées vers la captation des nitrates, mais intégrées dans une logique de couverture et de conservation du sol.

C. Espaces utilisant majoritairement la fertilisation organique

La fertilisation organique est principalement pratiquée dans les régions viticoles, et se divise en des modalités spécifiques en l'intensité de la production de vigne. Une distinction nette apparaît entre les zones de viticulture intensive, comme celles situées dans le département de la Gironde, majoritairement associées à la classe 7, et les territoires viticoles des Charentes et de la Charente-Maritime, rattachés à la classe 6. Ces dernières correspondent à des pratiques organiques très intensives et diversifiées. Par ailleurs, une troisième configuration regroupe les espaces viticoles associés à d'autres cultures pérennes, notamment les vergers, qui relèvent des pratiques essentiellement organiques associées à des pratiques minérales, traduisant une gestion mixte de la fertilisation.

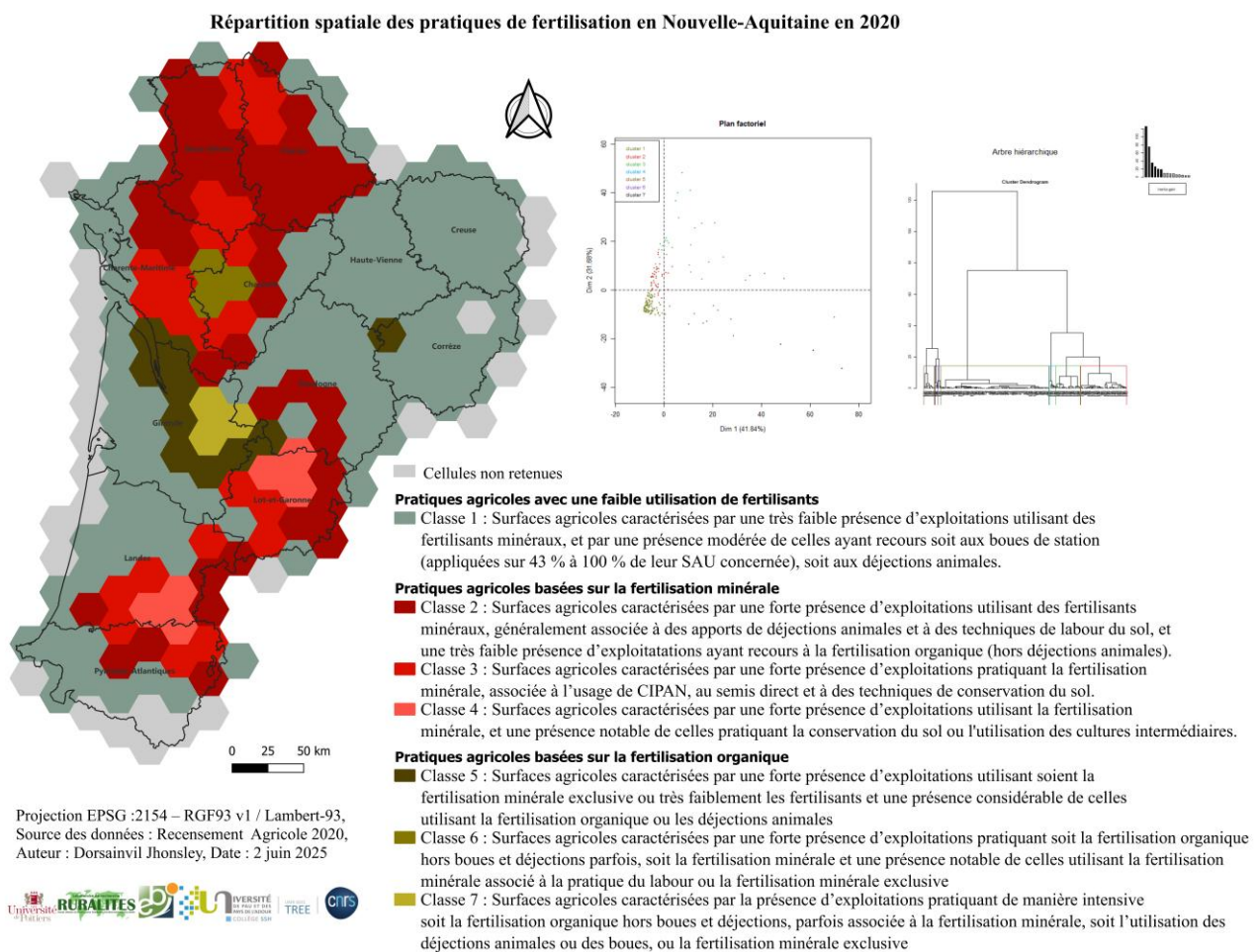


Figure 14 : Cartographie des pratiques de fertilisation en Nouvelle-Aquitaine (mailles 12 km)

➤ Conclusion

A l'échelle des grandes catégories de pratiques de fertilisation, d'occupation du sol et de types de sols, un lien fort et structurant se dégage. Toutefois, l'existence des sous-catégories (les classes de chaque catégorie) permet d'affiner l'étude de l'influence des paramètres agro-environnementaux, révélant des nuances importantes dans les associations entre pratiques agricoles, usages du sol et pédopaysages.

5.6. Mesure des liens d'association des paramètres agro-environnementaux

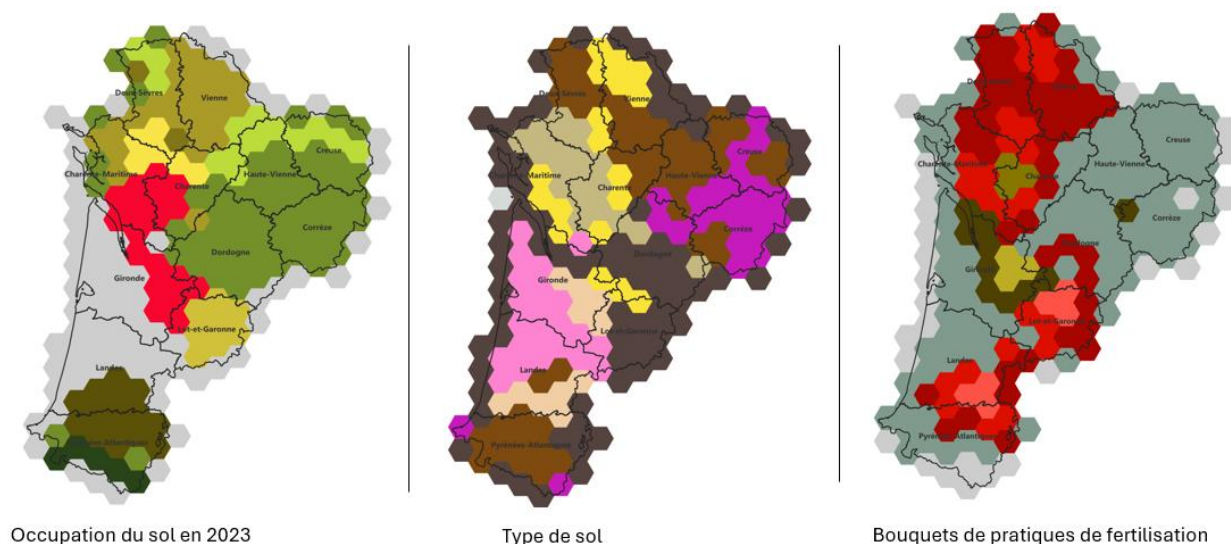


Figure 15 : Cartes utilisées dans la mesure des forces d'association des paramètres agro-environnementaux (mailles 12 km)

L'analyse de la corrélation spatiale entre les différents paramètres agro-environnementaux met en évidence des relations significatives, déjà perceptibles à travers la lecture des cartes thématiques. L'approche statistique, fondée sur le test du χ^2 , révèle une dépendance marquée entre les bouquets de pratiques de fertilisation et l'occupation du sol ainsi que les unités de pédopaysage.

Plus précisément, l'indice de V de Cramér indique une association significative entre les pratiques de fertilisation et l'occupation du sol, d'une valeur de 0,51, correspondant à un lien de dépendance modéré à fort. La relation avec le type de sol, quant à elle, présente un V de Cramér de 0,40, ce qui témoigne d'une association modérée. Ces liens traduisent l'influence structurante de la production agricole, dont la pédologie et l'usage du sol, sur les choix en matière de fertilisation. Les pratiques agricoles ne sont donc pas distribuées aléatoirement dans l'espace, mais semblent bien s'inscrire dans des logiques d'adaptation aux potentialités et aux contraintes du milieu.

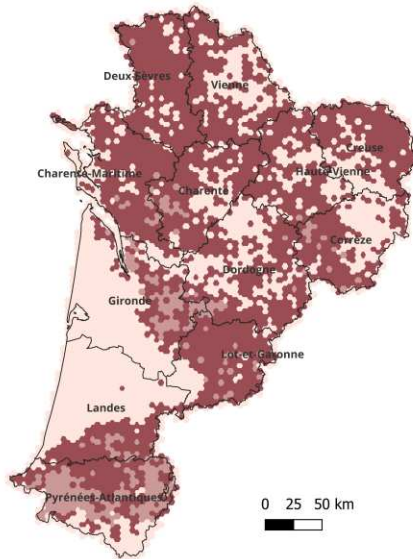
Ces résultats soulignent ainsi que les pratiques de fertilisation sont très influencées par les caractéristiques des sols et les dynamiques d'occupation, tout en laissant place à une certaine variabilité liée à d'autres facteurs, notamment organisation spatiale du parcellaire, qui mériteraient d'être explorés dans des analyses complémentaires.

5.7. Organisation spatiale du parcellaire

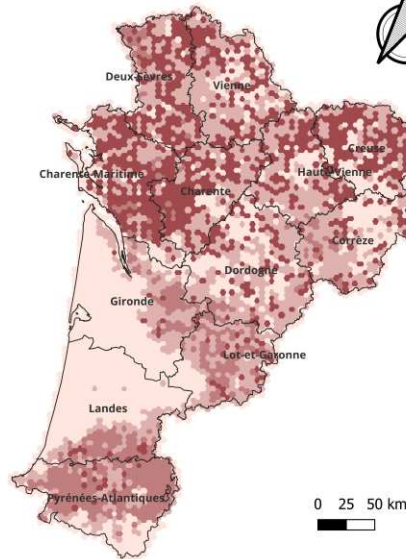
L'analyse de l'organisation spatiale du parcellaire en Nouvelle-Aquitaine met en évidence une structuration non-aléatoire du territoire agricole. L'étude, fondée sur quatre indicateurs : la superficie moyenne des parcelles, le nombre de parcelles par exploitation et les indices géographiques de Renard, permet de distinguer, pour chacun de ces paramètres, une spatialisation des exploitations basée sur une logique d'organisation rationnelle et cohérente. Cette configuration reflète partiellement l'interaction de dynamiques historiques liées aux caractéristiques agro-environnementales, et de choix d'aménagement potentiellement influencés par des contraintes économiques, politiques et réglementaires (remembrement ou non, dynamique d'agrandissement des exploitations, etc.).

Organisation spatiale du parcellaire en Nouvelle-Aquitaine

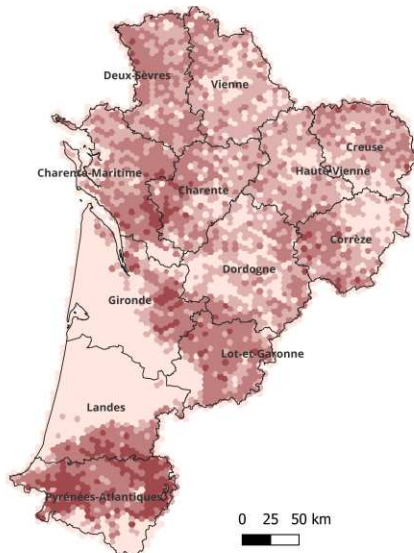
A. Superficie des exploitations



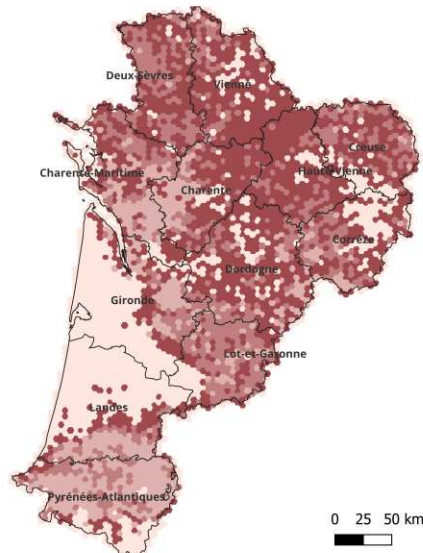
B. Composition parcellaire des exploitations



C. Degré de dispersion des parcelles



D. Degré d'émiettement des exploitations



A. Superficie des exploitations

- A 1 : Espaces de faible densité agricole, dominés par des exploitations de 500 à 1 200 hectares.
- A 2 : Espaces caractérisés par des exploitations agricoles de 0 à 100 hectares, dont principalement des exploitations de 10 à 50 hectares.
- A 3 : Espaces caractérisés par des exploitations agricoles de 0 à 500 hectares, dont principalement des exploitations de 50 à 200 hectares.

B. Nombre de parcelles des exploitations

- B 1 : Espaces de faible densité agricole.
- B 2 : Espaces caractérisés par des exploitations agricoles de 1 à 30 parcelles.
- B 3 : Espaces caractérisés par des exploitations de 1 à 100 parcelles dont essentiellement des exploitations de 1 à 30 parcelles.
- B 4 : Espaces caractérisés principalement par des exploitations de 30 à 40 parcelles et des exploitations de plus de 100 parcelles.

C. Degré de dispersion des exploitations

- C 1 : Espaces sans groupement particulier.
- C 2 : Espaces caractérisés par une présence modérée d'exploitations comprenant à la fois des parcelles fragmentées à échelle régionale et des parcelles regroupées.
- C 3 : Espaces caractérisés par des exploitations dont les parcelles sont très regroupées à dispersées, avec une dominance des exploitations ayant des parcelles moyennement dispersées et dispersées.
- C 4 : Espaces très diversifiés, caractérisés par une dominance des exploitations ayant des parcelles moyennement dispersées à extrêmement dispersées.

D. Degré d'émiettement des exploitations

- Classe 1 : Espaces caractérisés par une structure parcellaire peu marquée.
- Classe 2 : Espaces à structure parcellaire diversifiée, principalement constitués d'exploitations peu à très morcelées.
- Classe 3 : Espaces majoritairement composés d'exploitations compactes, complétées par une part notable d'exploitations très compactes et faiblement morcelées.
- Classe 4 : Espaces dominés par des exploitations très compactes

Projection EPSG : 2154 – RGF93 v1 / Lambert-93, Source des données : Registre parcellaire graphique 2023
Auteur : Dorsainvil Jhonsley, Date : 28 juillet 2025



Figure 16 : Organisation spatiale du parcellaire en Nouvelle-Aquitaine (mailles 2,5 km)

5.7.1. *Superficie des exploitations*

En Nouvelle-Aquitaine, la répartition spatiale des exploitations agricoles révèle trois configurations principales : des espaces dominés par des exploitations de 10 à 50 hectares, d'autres caractérisés par des exploitations de 50 à 200 hectares, et enfin des zones comportant des exploitations de plus de 200 hectares (**figure 16**).

Globalement, la région est majoritairement occupée par des exploitations de 50 à 200 hectares. Par ailleurs, les territoires où l'occupation du sol agricole est inférieure à 20 % présentent un très faible nombre d'exploitations. Plus précisément, les zones dédiées aux grandes cultures et aux systèmes fourragers regroupent des exploitations de 10 à 500 hectares, avec une prédominance des superficies supérieures à 50 hectares. Les espaces à forte vocation viticole se distinguent par des parcelles de 10 à 50 hectares, bien que le reste des systèmes permanents puissent atteindre jusqu'à 500 hectares.

5.7.2. *Composition parcellaire des exploitations*

La région Nouvelle-Aquitaine se divise, en termes de nombre de parcelles par exploitation, en deux grandes zones. La partie nord est principalement caractérisée par des exploitations comptant entre 1 et 40 parcelles, avec une forte concentration d'exploitations de 30 à 40 parcelles. En revanche, la partie sud, qui débute au niveau des départements de la Gironde et du Lot-et-Garonne, est essentiellement dominée par des exploitations de 1 à 30 parcelles.

5.7.3. *Degré de dispersion et d'émiettement des parcelles des exploitations*

La Nouvelle-Aquitaine présente principalement trois grandes zones selon la dispersion des parcelles (indice de groupement de Renard). Le Limousin, la Vienne et la Dordogne présentent les exploitations les plus dispersées à l'échelle régionale. Les régions viticoles montrent des parcelles allant de dispersées à très regroupées, reflétant l'organisation spécifique des exploitations viticoles. Le sud de la région présente une forte variabilité, avec des parcelles très dispersées à très regroupées.

L'indice de structure de Renard met en évidence une organisation parcellaire diversifiée des exploitations agricoles en Nouvelle-Aquitaine. Dans la partie nord, dominée par les grandes cultures et les systèmes fourragers, les exploitations ont une structure morcelée et très compacte, avec une nette prédominance des structures compactes, en particulier dans les zones de grandes cultures et dans le département du Lot-et-Garonne. À l'inverse, la partie sud de la région, ainsi que les espaces viticoles, se caractérisent par des exploitations allant de moyennement morcelées à très morcelées. Le Lot-et-Garonne se distingue toutefois par une forte représentation des exploitations compactes, à l'image des territoires dominés par les grandes cultures.

➤ Conclusion

L'analyse de la répartition spatiale et de la structure parcellaire des exploitations agricoles en Nouvelle-Aquitaine révèle des configurations distinctes selon la taille, le nombre et la dispersion des parcelles. Les exploitations de taille moyenne (50-200 ha) dominent en grandes cultures et systèmes fourragers, tandis que les zones viticoles se caractérisent par des parcelles plus petites et regroupées. Cette organisation spatiale n'est probablement pas sans impact sur la gestion des sols, du fait qu'un parcellaire dispersé complique la logistique et entraîne une application hétérogène des pratiques, alors qu'un parcellaire regroupé facilite la planification et l'homogénéité des interventions. Ces différences géographiques soulignent l'importance d'intégrer la diversité spatiale des exploitations pour mieux comprendre les dynamiques agricoles régionales et adapter les pratiques de gestion des sols. Toutefois, les indices de Renard utilisés, bien qu'utiles pour simplifier l'analyse, présentent des limites importantes en termes d'interprétation, en particulier en raison de l'étendue des régions agricoles étudiées et de la dispersion des parcelles à très grande échelle.

6. Conclusion

L'étude met en évidence, à travers les bases de données du Registre Parcellaire Graphique, du Recensement Agricole et de la Carte des sols de l'INRA, que l'agriculture en Nouvelle-Aquitaine repose sur un système globalement stable, où l'occupation du sol, les types de sols et les pratiques de fertilisation sont étroitement liés. Certaines cultures, notamment la vigne, les vergers et les prairies, sont sous-représentées dans les données du RPG classique, rendant l'intégration du RPG complété essentielle pour éviter les biais dans les diagnostics.

Entre 2007 et 2023, l'occupation du sol a peu évolué : les systèmes fourragers, les grandes cultures et cultures permanentes restent concentrées dans leurs zones historiques. Les changements observés se font généralement entre des cultures appartenant à une même catégorie. La typologie pédologique montre que la nature des sols structure fortement cette stabilité, en influençant les usages possibles et leur évolution.

Les pratiques de fertilisation reflètent ces contraintes : elles sont majoritairement minérales dans les zones céréalières, organiques dans les bassins viticoles, et faibles dans les systèmes fourragers. L'organisation parcellaire varie également selon les systèmes et les positions géographiques : les exploitations de taille moyenne dominent les grandes cultures et systèmes fourragers, tandis que les zones viticoles se caractérisent par des parcelles plus petites, regroupées mais très morcelées. Or, l'organisation parcellaire est importante dans la gestion du sol (Puech et al., 2020).

Ces résultats offrent une base opérationnelle essentielle pour la suite du projet MAIA. La typologie spatiale des occupations du sol, des pédopaysages et des bouquets de pratiques de fertilisation ainsi que la mise en évidence d'une dépendance entre ces paramètres, permettront de cibler des zones suivant ces paramètres, pour y réaliser des enquêtes approfondies auprès des exploitants. Ces enquêtes viseront à expliquer les logiques socio-économiques, techniques et organisationnelles derrière les choix de fertilisation, et à comprendre comment les contraintes naturelles et les dynamiques spatiales influencent l'adoption de pratiques agroécologiques.

De plus, la cartographie fine des interactions entre paramètres agro-environnementaux facilitera la sélection d'échantillons représentatifs d'exploitations pour un suivi à long terme de la santé des sols, notamment via l'observatoire régional de la matière organique. Celui-ci pourra ainsi s'appuyer sur des indicateurs spatialisés pour évaluer l'évolution des pratiques et leurs impacts sur la préservation de la fertilité des sols.

Enfin, ces travaux fournissent un outil d'aide à la décision pour les politiques régionales en identifiant les zones prioritaires pour la massification de pratiques durables, en fonction de leur potentiel agronomique, de leur stabilité et de leur organisation spatiale. Ils contribuent ainsi directement à l'objectif du projet MAIA : renforcer la résilience des systèmes agricoles par une gestion adaptée et territorialisée des sols.

La réalisation de ce travail a également permis de développer des compétences techniques solides, allant de la maîtrise de R pour les analyses multivariées (ACP et CAH) et de QGIS pour le traitement de données géospatiales en mailles hexagonales, jusqu'à l'utilisation de données sensibles. Elle a offert l'occasion d'expérimenter des méthodologies innovantes, comme les typologies d'histoires pour l'analyse des trajectoires temporelles ou le calcul d'indices de structure parcellaire.

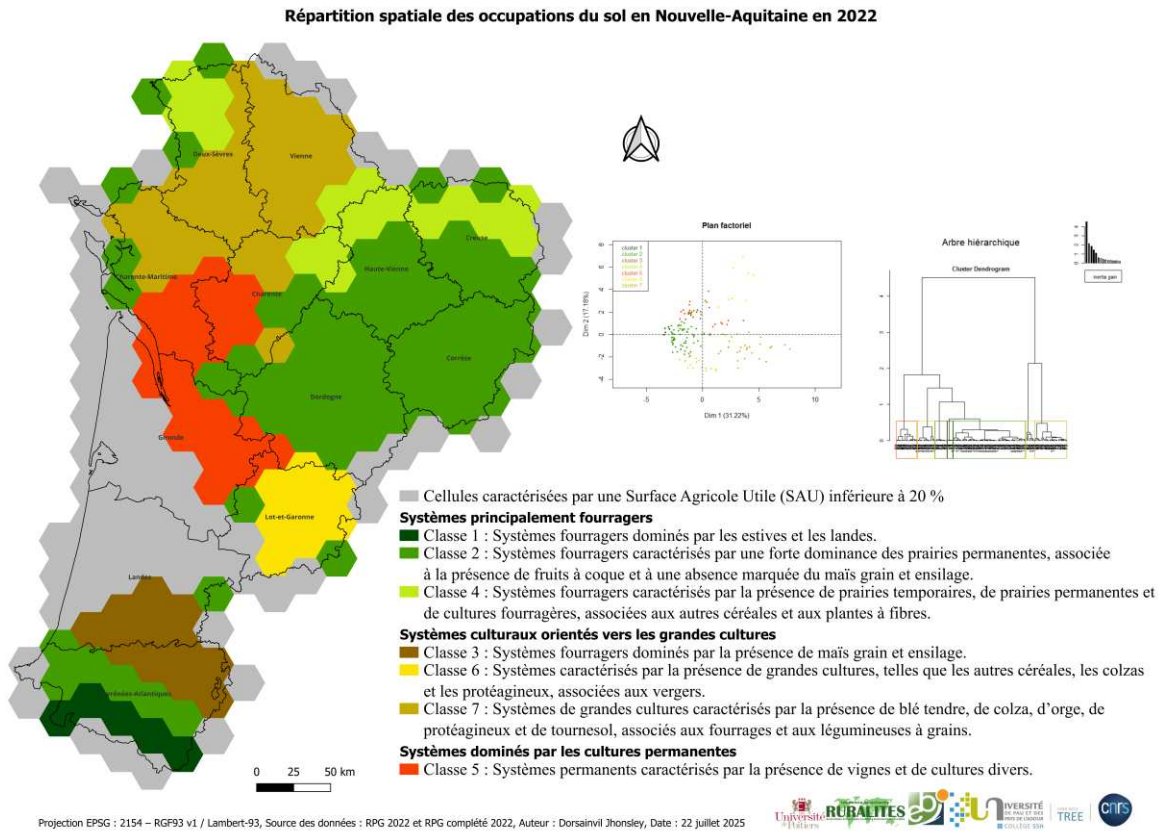
Par ailleurs, l'immersion dans un contexte de recherche interdisciplinaire, à l'interface entre écologie du sol (EBI) et géographie rurale (Ruralités), a enrichi la compréhension des liens entre processus biophysiques et logiques territoriales, tout en apportant une contribution opérationnelle au projet MAIA, allant de l'extraction de données à la production de cartes à visée décisionnelle. Ce travail a également renforcé ma posture professionnelle en me confrontant à la gestion de contraintes méthodologiques complexes et en consolidant mes compétences en rédaction scientifique et restitution de résultats.

7. Références

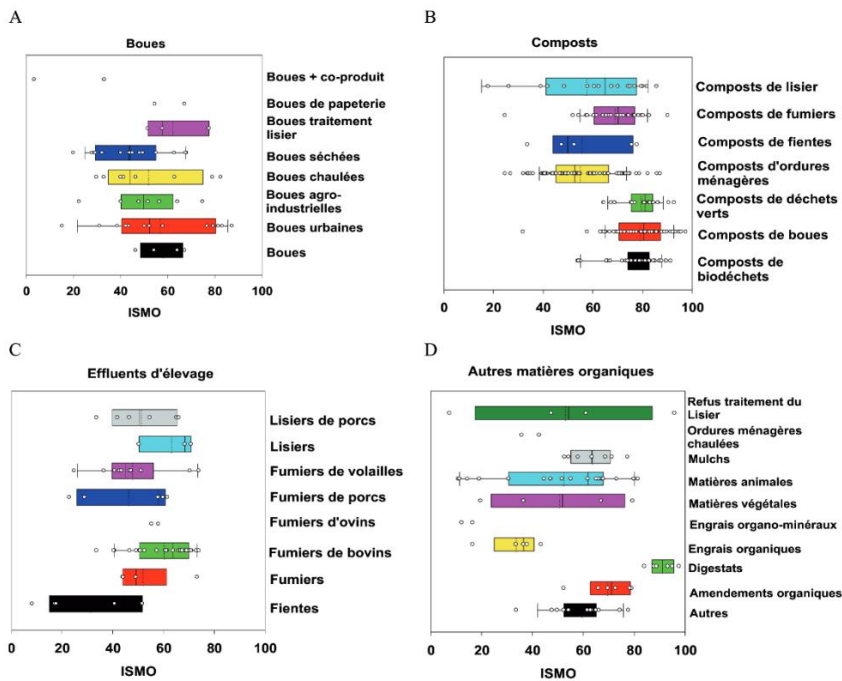
- ADEME, 2018, Matières fertilisantes organiques : Gestion et épandage, © ADEME Éditions.
- agreste, 2024, La statistique - l'évaluation et la prospective du Ministère de l'Agriculture, de la Souveraineté Alimentaire et de la Forêt – Mémento 2024, © Agreste.
- Altieri, M. A., 1986, L'agroécologie - bases scientifiques d'une agriculture alternative, Charles Corlet.
- Bio Nouvelle-Aquitaine - Chambre Régionale d'Agriculture Nouvelle-Aquitaine - Interbio Nouvelle-Aquitaine, 2024, L'AGRICULTURE BIOLOGIQUE en région Nouvelle-Aquitaine, ORAB.
- Bonneuil, C., Thomas, F., 2012, Semences - une histoire politique : Amélioration des plantes, agriculture et alimentation en France depuis la seconde guerre mondiale, ECLM.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Fleischer, L. R., Lugato, E., Panagos, P., Alewell, C., ..., Ballabio, C., 2017, An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion, Nature Communications.
- Bricas, N., Conare, D., Walser, M., 2021, Une écologie de l'alimentation, éditions Quae.
- Calame, M., 2016, Comprendre l'agroécologie : Origines - principes et politiques, ECLM.
- CESER, 2021, Pour un nouveau pacte social. Réaliser la nécessaire transformation de l'agroécologie en Nouvelle-Aquitaine, CESER.
- Danielle, T., 1997, Des manifestations De « souveraineté quand même » Mai 1946-14 juillet 1953, Éditions de la Sorbonne.
- Deléage, E., 2005, L'agriculture durable : Utopie ou nécessité ?, Mouvements, 64-69 p.
- Derolez, V., Ouisse, V., Fiandrino, A., Munaron, D., Bissery, C., Kloareg, M., Fiandrino, 2013, Etude des trajectoires écologiques des lagunes entre 2001 et 2012, Ifremer, 43 p.
- ECOBIOSE, 2020, Le rôle de la biodiversité dans les socio-écosystèmes de Nouvelle-Aquitaine, CNRS.
- Faure, G., Chiffolleau, Y., Goulet, F., Temple, L., Touzard, J. M., 2018, Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires, éditions Quae.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., ..., Zaks, D. P. M., 2011, Solutions for a cultivated planet, Nature.
- Gliessman, S.R., 2014, Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems (3rd ed.), CRC Press.
- Griffon, M., Jacquet, F. F., Lemaire, E., Avelange, I., Barbier, M., Chevassus-Au-Louis, B., ..., Valentin, C. 2015, Émergence de l'agroécologie et perspectives pour le futur, Les programmes ADD SYSTERRA AGROBIOSPHERE.
- Houot, S., Pons, M. N., Pradel, M., Tibi, A., Savini, I., 2014, Valorisation des matières fertilisantes d'origine résiduaire sur les sols à usage agricole ou forestier, INRA-CNRS-Irstea.
- Huber, G., Schaub, C., 2011, La fertilité des sols : L'importance de la matière organique, Service Environnement-Innovation.
- Joyeux, C., Enjalric, F., 2014, L'agroécologie : Un nouveau paradigme pour une production agricole durable ?, GSDM, 6 p.
- Kirkby, E. A., 2012, Introduction, Definition and Classification of Nutrients. In P. Marschner (Ed.), Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press.
- Kochian, L. V., Piñeros, M. A., Liu, J., & Magalhaes, J. V., 2015, Plant adaptation to acid soils: The molecular basis for crop aluminum resistance, Annual Review of Plant Biology, Annual Review of Plant Biology.
- Koull, N., Halilat, M. T., 2015, Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie), Étude et Gestion des Sols, 19 p.

- Laboubee, C., 2007, Retour au sol des matières organiques nécessaires à leur maintien en état en sols agricoles. GIE Arvalis/ONIDOL.
- Legris, B., 2007, L'agriculture, de nouveaux défis, INSEE.
- Leroux, B., 2015, L'émergence de l'agriculture biologique en France : 1950-1990, Pour.
- Mallard, F., 2016, Programme les sentinelles du climat. Tome I : Développement d'indicateurs des effets du changement climatique sur la biodiversité en Nouvelle-Aquitaine, C. Nature.
- Marc, D., Jorge, S., 2022, Guide pratique de la matière organique, Institut Technique Tropical (IT2).
- Marie, M., Bermond, M., Madeline, P., Coinaud, C., 2015, Une typologie des combinaisons d'utilisation agricole du sol en France en 2010 : Propositions méthodologiques, Mappemonde, 24 p.
- Ministère de l'écologie du développement durable et de l'énergie, 2015, PROJET DE LOI relatif à la transition énergétique pour la croissance verte NOR : DEVX1413992L/Bleue-1, République française.
- Möller, K., Müller, T., 2012, Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth : A review, Engineering in Life Sciences.
- Preux, T., 2019, De l'agrandissement des exploitations agricoles à la transformation des paysages de bocage : Analyse comparative des recompositions foncières et paysagères en Normandie [Phdthesis].
- Puech, T., Durpoix A., Barataud F., Mignolet C., 2020, Une méthode pour caractériser l'organisation spatiale des parcellaires d'exploitations agricoles, Cybergeog: European Journal of Geography.
- Renard, M., 1972, Recherches méthodologiques sur le degré d'émiettement parcellaire des exploitations agricoles des bocages de l'ouest, Bulletin de l'Association de géographes français.
- Rigal, S., Dakos, V., Alonso, H., Auniş, A., Benkő, Z., Brotons, L., ..., Devictor, V., 2023, Farmland practices are driving bird population decline across europe, Proceedings of the National Academy of Sciences, 9 p.
- Roudaut, J.-P., Gaspard, M., Boyer, G., 2011, Guide des produits organiques utilisables en agriculture en Languedoc, Chambre régionale d'agriculture du Languedoc-Roussillon.
- Royal, G., 2015, Stratégie nationale de transition écologique vers un développement durable, Commissariat Général au Développement Durable (CGDD).
- Sanderman, J., Hengl, T., Fiske, G. J., 2017, Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. Proceedings of the National Academy of Sciences.
- Savignan I., 2020, Distribution d'éléments trace dans les sols de nouvelle-aquitaine et suivi de contaminants émergents (ag, pd, pt, rh) [thèse Université de Pau et des Pays de l'Adour].
- Schmidt, M. W. I., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., ... Kleber, M., (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature, 478(7367), 49-56, Nature.
- Sebbey k., 2010, The green revolution of the 1960's and its impact on small farmers in india, University of Nebraska at Lincoln, 22 p.
- Simon, B., Lebarbier, R., 2023, Les comptes provisoires de l'agriculture 2023 en Nouvelle-Aquitaine. Agreste.
- Spain, A. V., Lavelle, P., 2003, Soil Ecology, Kluwer Academic Publishers.
- Tomich, T. P., Brodt, S., Ferris, H., Galt, R., Horwath, W. R., Kebreab, E., ..., Leveau, J. H., 2011, Agroecology : A Review from a Global-Change Perspective.
- White, P. J., & Brown, P. H., 2010, Plant nutrition for sustainable development and global health. Annals of Botany, Annals of Botany.
- Zhu, X. G., Long, S. P., Ort, D. R., 2010, Improving photosynthetic efficiency for greater yield, Annual Review of Plant Biology.

8. Annexes



A1: Répartition spatiale des occupations du sol en 2023 (RPG)



A2 : Indice de stabilité de la matière organique

B1: Classification par nombre de parcelles

Classe	Nombre de parcelles	Description
1 parcelle	1	L'exploitation est constituée d'une seule parcelle.
2 à 5 parcelles	> 2 à 5	L'exploitation est composée de quelques parcelles regroupées.
5 à 10 parcelles	> 5 à 10	L'exploitation comporte plusieurs parcelles, mais encore limitées en nombre.
10 à 30 parcelles	> 10 à 30	L'exploitation est fragmentée en un ensemble significatif de parcelles.
30 à 100 parcelles	> 30 à 100	L'exploitation présente un morcellement très marqué.
Plus de 100 parcelles	> 100	L'exploitation est extrêmement morcelée, avec un nombre exceptionnellement élevé de parcelles.

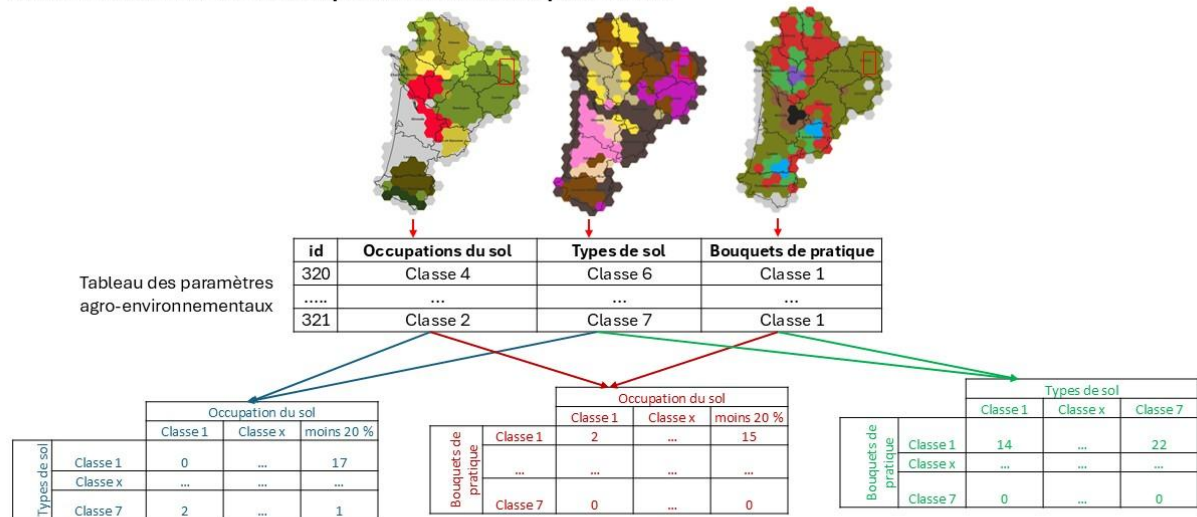
B2: Classification des indices de groupement

Classe	Indice de groupement	Description
Parcelles très regroupées	$\leq 1,2$	Les parcelles sont fortement concentrées dans un espace réduit.
Parcelles regroupées	> 1,2 à 3	Les parcelles présentent une relative proximité les unes des autres.
Parcelles moyennement dispersées	> 3 à 10	Les parcelles commencent à s'éloigner, mais la dispersion reste limitée.
Parcelles dispersées	> 10 à 30	Les parcelles sont réparties sur un espace assez large.
Parcelles extrêmement dispersées	> 30 à 100	Les parcelles sont très éloignées les unes des autres, avec une forte fragmentation spatiale.
Parcelles fragmentées à grande étendue régionale	> 100	Les parcelles sont disséminées sur une vaste zone géographique, traduisant une dispersion maximale.

B3: Classification des indices de structure

Classe	Indice de structure	Description
Très compact	0 – 1,0	Parcelles quasi contiguës, bloc très cohérent.
Compact	> 1,0 – 3,0	Fort regroupement, faible dispersion.
Peu morcelé	> 3,0 – 7,0	Fragmentation faible, structure encore compacte.
Moyennement morcelé	> 7,0 – 15,0	Morcellement intermédiaire.
Très morcelé	> 15,0 – 35,0	Dispersion marquée des parcelles.
Extrêmement morcelé	> 35,0 – 100	Dispersion très forte, parcelles éloignées.

Détermination des liens de dépendance entre les paramètres



Test Khi deux : recherche de dépendance entre les paramètres agro-environnementaux
 V de Cramer : mesure de la force des liens d'association entre les paramètres

A3 : Détermination des liens d'interdépendance entre les paramètres agro-environnementaux

