

Étude de la multifonctionnalité des sols agricoles du Sablassou, à Castelnau-le-Lez : Potentiel agronomique et services écosystémiques

Présenté par Mateo CARID, Océane DE VANSSAY, Marie DOREAU, Leïla
SANTI-DUCRET et Ewen SOUBIGOU

Décembre 2022



Organisme commanditaire : Association Maraîchons à Sablassou et Castelnau Sud
Tuteur pédagogique : Julien FOUCHE
Rapport technique – Projet d'élèves ingénieurs n°9
Année de soutenance : 2022
Présenté le 15/12/2022

Pour citer cet ouvrage : Carid Mateo, De Vanssay Océane, Doreau Marie, Santi-Ducret Leïla, 2022/ Étude de la multifonctionnalité des sols agricoles du Sablassou, à Castelnau-le-Lez : Potentiel agronomique et services écosystémiques. Projet d'élèves ingénieurs n°9. L'Institut Agro Montpellier. 90p.

Avertissement

Le présent document rend compte d'un travail d'investigation et d'analyse réalisé dans le cadre d'une activité pédagogique.

Le PEI (projet d'étudiants ingénieurs) fait partie de la formation ingénieur, il débute en fin de première année d'école (bac+3) et se termine au cours de la deuxième année ; les étudiants concernés ne sont pas alors spécialisés et c'est pour beaucoup d'entre eux le premier travail d'ordre professionnel.

Le temps imparti à la rédaction apparaît souvent limité eu égard à la complexité du sujet.

Au lecteur ainsi averti d'en tenir compte dans la prise en compte de cette production intellectuelle

RÉSUMÉ

Cette étude, commanditée par l'association *Maraîchons à Sablassou et Castelnaud Sud*, se place dans le contexte de révision, en 2023, du Plan Local d'Urbanisme intercommunal de la Métropole Montpellier Méditerranée. Elle étudie le potentiel agronomique du Sablassou, territoire de 158 hectares à Castelnaud-le-Lez ainsi que trois services écosystémiques importants pour l'aménagement du territoire.

Pour évaluer la diversité pédologique du Sablassou, une fosse pédologique et deux phases d'échantillonnage ont été réalisées au printemps 2022. 24 échantillons ont été analysés, huit ont subi une analyse physico-chimique complète.

Les sols du Sablassou sont profonds, en terrains plats et sans contrainte chimique importante. Majoritairement sableux, non battants, ils favorisent l'infiltration de l'eau. Ils sont fertiles, avec une capacité d'échange cationique allant de 9,1 à 16,1 meq·100g⁻¹, des taux de matière organique de 2 à 3 % et un pH basique. Leur réserve utile est supérieure à 100 millimètres par mètre de profondeur. L'intégralité du territoire est irrigable. Des zones ont été définies en fonction des teneurs en éléments. Les productions agricoles peuvent être valorisées par 28 appellations et indications géographiques. Les sols végétalisés du Sablassou stockent en moyenne 50 tonnes de carbone par hectare, permettent de limiter les inondations et îlots de chaleur urbains.

Le Sablassou est un territoire avec des sols divers, il présente un fort potentiel agronomique, ainsi que des services de régulation du changement climatique en milieu urbain. Sa préservation correspond aux objectifs de protection de l'environnement et de valorisation agricole des espaces péri-urbains du schéma de cohérence territoriale de 2019.

Mots clés : Potentiel agronomique, services écosystémiques, multifonctionnalité des sols, urbanisation, Castelnaud-le-Lez

ABSTRACT

This study was ordered by the association *Maraîchons à Sablassou et Castelnaud Sud*. In 2023, the Urbanism Local Plan Urbanism of Montpellier Metropolis will be revised. The main purpose of this work is to study the agronomic potential of Sablassou, a 158-hectare territory in Castelnaud-le-Lez. It has been extended to the study of some important ecosystem services.

A soil pit was dug, and two phases of auger sampling were conducted in the spring 2022 to assess the soil diversity of Sablassou. A total of 24 samples were analyzed, eight of which underwent full physicochemical analysis.

The results showed deep, flat soils, without significant chemical constraints. Mostly sandy, the soils of Sablassou are not sensitive to crusting and favor water infiltration. These soils are fertile, with a cation exchange capacity ranging from 9.1 to 16.1 meq-100g⁻¹, organic matter levels from 2 to 3% and a basic pH. The soil available water is more than 100 millimeters per meter of depth. The entire territory is irrigable. Zones were also defined according to the element content of the soil. In addition, agricultural productions can be valorized by 28 appellations and geographical indications. Finally, the Sablassou vegetated soils store an average of 50 tons of carbon per hectare and help limit flooding.

Sablassou is a territory with diverse soils, providing a strong agronomic potential, as well as services to regulate climate change and its impacts in urban areas. Its preservation is in line with the territorial coherence plan of 2019.

Key words : Agronomic potential, ecosystem services, soils multifunctionality, urbanization, Castelnaud-le-Lez

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier tout d'abord l'association Maraîchons à Sablassou et Casltelnau-Sud pour nous avoir offert l'opportunité de réaliser ce projet et tout particulièrement l'implication de Vincent Petit, Carine Barbier, Hugues Ferrand, Hubert Pscherer.

Nos considérations vont également à notre tuteur Julien Fouché pour ses précieux conseils et son soutien tout au long de ce travail.

Nous sommes reconnaissants envers Margot Lahens et l'équipe du LISAH pour le prêt de matériel, l'aide et l'accueil dans ses locaux pour le bon déroulement de nos expérimentations.

Nous remercions aussi le laboratoire d'analyses de la chambre d'agriculture de l'Aude et plus spécifiquement Sébastien Bru et Gilles Boyer pour leur réactivité et leur amabilité dans le traitement de notre commande.

Par ailleurs, nous souhaitons témoigner notre reconnaissance envers tous les agriculteurs du Sablassou que nous avons pu rencontrer pour leurs échanges cordiaux et enrichissants.

Merci encore à Dominique Nurit et Marie-Hélène Breil pour nous avoir donné l'accès à leur base de données qui nous a été grandement utile.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à Assimine Ahamada et Geraldine Aumasson pour l'organisation et l'encadrement apporté au cours de ce projet d'élève ingénieur.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction.....	1
2. État de l’art et choix des indicateurs	4
2.1. Potentiel agronomique	4
2.1.1. Les contraintes à la culture	4
2.1.2. Le régime hydrique	5
2.1.3. Nutrition des plantes et paramètres chimiques	6
2.1.4. Indications géographiques et valorisation des productions	7
2.2. Services écosystémiques.....	8
2.2.1. Stockage de carbone des sols.....	8
2.2.2. Infiltration de l’eau et lutte contre les inondations	8
3.2.3. Limitations des îlots de chaleur urbains : micro-climat.....	9
3. Matériel et méthodes.....	11
3.0. Description des étapes du projet	11
3.1. Appréhender la diversité des sols dans le territoire du Sablassou	11
3.1.1. Fosse pédologique.....	11
3.1.2. Échantillonnage des sols du Sablassou	12
3.2. Déterminer un échantillonnage représentatif de la zone.....	14
3.2.1. Partition du Sablassou en unités agro-pédologiques.....	14
3.2.2. Analyses de terre.....	15
3.3. Elaboration des indicateurs décrivant les grandes fonctions du sol.....	15
3.3.1. Indicateurs du potentiel agronomique.....	15
3.3.2. Indicateurs des services écosystémiques	20
4. Le Sablassou, un territoire au fort potentiel agronomique.....	24
4.0. Le Sablassou, un sol qui porte bien son nom.....	24
4.1. Un territoire sans contraintes pour l’activité agricole.....	25
4.1.1. Des terrains sans fortes pentes	25

4.1.2. Un enracinement facilité par des sols profonds	26
4.1.3. Des sols non salins	26
4.1.4. Des sols non battants.....	26
4.2. Un territoire peu vulnérable face à la sécheresse	26
4.2.1. Le sol, un potentiel réservoir en eau satisfaisant pour les plantes	26
4.2.2. Des terres irrigables sans épuiser les ressources locales.....	27
4.3. Des sols calcaires, fonctionnels quant à la nutrition des plantes	28
4.3.0. Des sols calcaires	28
4.3.1. Un gradient de pH pour des sols globalement basiques	29
4.3.2. Des taux satisfaisants de matière organique	30
4.3.3. La CEC : une fertilité potentielle variable	30
4.3.4. Un complexe d'échange saturé par le calcium	31
4.3.5. Des micronutriments aux teneurs variables	32
4.3.6. Sous-zonage selon les caractéristiques chimiques et physiques du sol	33
4.4. Un terroir favorable à la valorisation des productions.....	34
4.5. Bilan.....	34
5. Un sol aux multiples services de régulation écosystémiques	36
5.1. Un sol qui régule le climat : stockage de carbone	36
5.2. Le sol végétalisé, un atout dans la gestion des eaux pluviales.....	38
5.3. Le Sablassou, outil de lutte contre les îlots de chaleur urbains (ICU).....	39
6. Conclusion	40
Bibliographie.....	I
Annexes.....	VI

SIGLES ET ACRONYMES

PLUi : Plan Local d'Urbanisme

SCoT : Schéma de Cohérence Territorial

RUD : Réservoir Utilisable Disponible

RUM : Réservoir Utilisable Maximal

CEC : Capacité d'Échange Cationique

ADN : Acide Désoxyribo Nucléique

SIQO : Signe d'Identification de la Qualité et de L'origine

INAO : Institut National de la Qualité et de l'origine

AOP : Appellation d'Origine Protégée

IGP : Indication Géographique Protégée

IG : Indication Géographique

ICU : Îlot de Chaleur Urbain

IB : Indice de Battance

GEPPA : Groupement d'Étude Pédologique Pure et Appliquée

GISSOL : Groupement d'Intérêt Scientifique

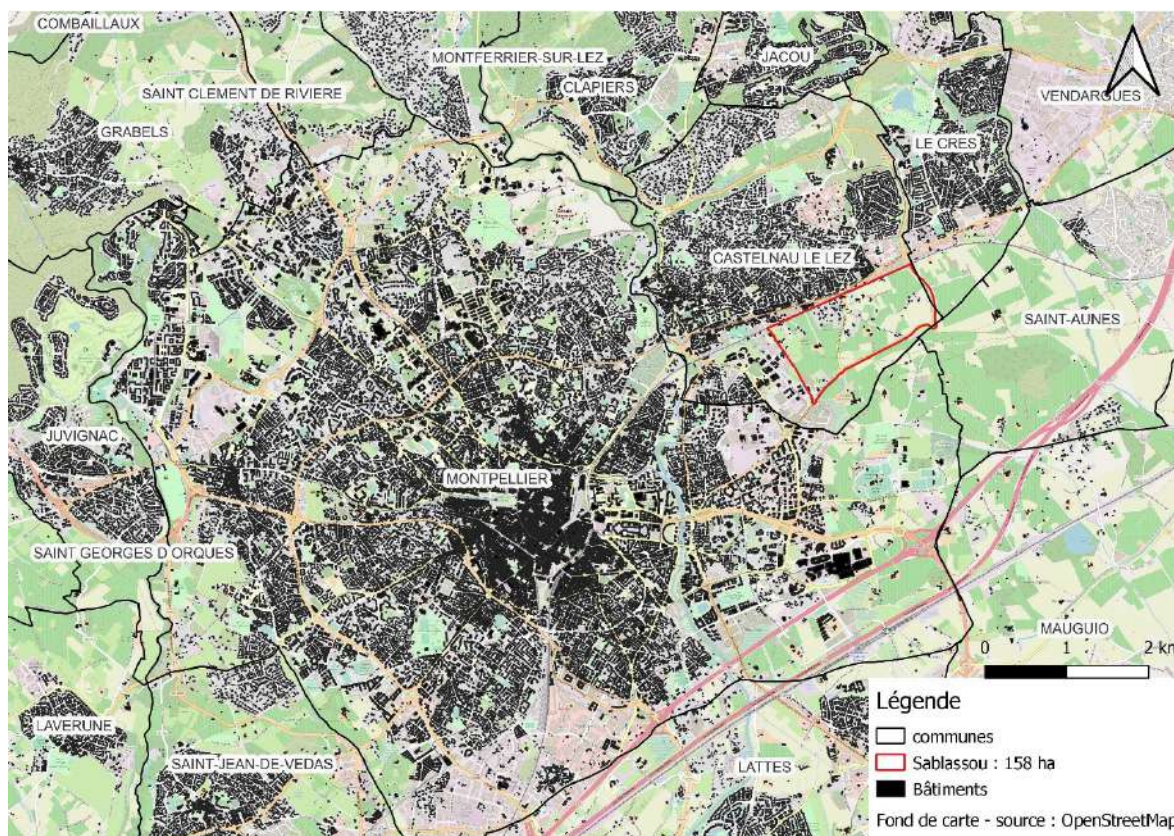
IPC : Indice de Pouvoir Chlorosant

INRAE : Institut National de Recherche pour l'Agriculture, l'Agronomie et l'Environnement

1. INTRODUCTION

La commune de Castelnau-le-Lez (34170) se situe en Occitanie, dans le département de l'Hérault, en périphérie nord-est de la ville de Montpellier. La ville connaît une forte pression démographique : sa population a été multipliée par 2,75 en 50 ans, passant de 8 169 habitants en 1968 à 22 534 en 2019 (INSEE, 2019). La ville est traversée par la ligne 2 du tramway de Montpellier, la rendant de plus en plus attractive (Transports de Montpellier Méditerranée Métropole, 2022). Ainsi, l'occupation des sols de Castelnau-le-Lez est marquée par l'augmentation de la surface des sols artificialisés au fil des années (72,3 % en 2018, contre 53,9 % en 1990) (Ministère de la Transition écologique, 2019).

Dans notre rapport, nous nous sommes intéressés au Sablassou, qui est une zone de 158 hectares au sud de la commune (Figure 1). Historiquement, la plaine du Sablassou a connu une activité agricole qui a débuté vers le XVe siècle. Elle s'est ralentie au début des années 1960 avec l'abandon progressif des exploitations (Mairie de Castelnau-Le-Lez, s. d.-a).



Actuellement, le Sablassou comprend 40 hectares de zones anthropisées - principalement des zones pavillonnaires à jardin, du mitage mais aussi des infrastructures sportives, golf et terrains de tennis - et 106 hectares de zones agricoles, le reste correspondant aux routes et aux fossés les bordant. La culture la plus importante de la zone est la vigne puisqu'elle occupe 42,9 % de la surface de la zone. Les autres cultures représentées sur le Sablassou sont les cultures céréalières (10,3 %), les prairies permanentes et temporaires (3,9 %), l'oléiculture (1,1 %), le

maraîchage (1 %) et des vergers fruitiers (0,3 %). Notons également une importante présence de friches agricoles (8,9 %) (*Annexe 1*).

Dans le cadre de l'évolution des surfaces urbanisées du Sablassou, aucun projet n'est actuellement arrêté, sinon une zone de 30 hectares (*Annexe 2*) inconstructible en l'état et dont l'urbanisation est subordonnée à une modification ou révision du PLUi (Mairie de Castelnaud-Lez, s. d.-b). Dans l'optique de la révision du PLUi en 2023, un certain nombre d'orientations doivent être respectées. Celles-ci sont définies dans le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) (Montpellier Méditerranée Métropole, 2019b). Le SCoT de Montpellier Méditerranée Métropole, révisé en 2019, identifie un certain nombre de principes et obligations concernant les zones agricoles et végétalisées. Deux axes énoncés par le SCoT ont retenu notre attention vis-à-vis des enjeux agricoles corrélés à la zone du Sablassou. Le premier enjeu est de :

“préserver les terres à vocation agricole, assurer leur pérennité à long terme et leur potentiel de valorisation, diversifier la production pour une agriculture nourricière et durable tout en consolidant les systèmes viti-vinicoles réinvestis, de plus en plus innovants et orientés vers la qualité”.

Le deuxième enjeu vise à :

“développer une connaissance fine homogène et partagée des sols et de leurs potentiels de valorisation agricole, notamment à travers les pratiques agro-écologiques”.

Ces orientations vont cependant à l'inverse des tendances des dernières décennies. En effet, entre 2000 et 2006, l'artificialisation des sols en France s'est faite à 90 % sur des terres agricoles. Mais tous les sols ne sont pas équivalents. En Languedoc-Roussillon, un tiers des terres artificialisées étaient de très bonne qualité agronomique (Antoni, 2011).

Notre travail s'inscrit dans le contexte de la concertation publique en vue de la révision du PLUi en 2023. Il a pour but d'éclairer les décisions d'aménagement du territoire concernant le Sablassou en fournissant des données concernant principalement les sols de la zone.

Les sols remplissent de nombreuses fonctions pour la société humaine : production de nourriture et de matériaux, régulation du climat et du cycle de l'eau, réservoir de biodiversité, etc. ; d'où la notion de multifonctionnalité des sols (Bispo et al., 2016). Dans le cadre de l'aménagement du territoire, cette étude s'est principalement focalisée sur la fonction de production agricole, au travers du potentiel agronomique des sols.

Il s'agit donc tout d'abord de définir la notion de potentiel agronomique d'un sol. Certaines études nationales basent leur caractérisation du potentiel agronomique uniquement sur le réservoir utilisable maximal en eau des sols, souvent appelé réserve utile, paramètre synthétique (Antoni, 2011). Pour une échelle bien inférieure à celles des études nationales ou départementales, nous avons voulu aller plus loin que ce simple indicateur, en étudiant les différentes fonctions que remplit le sol en lien avec la production agricole.

Tout d'abord, nous avons considéré les nombreuses contraintes auxquelles peuvent faire face des productions végétales : pente, stress salin, risque de formation d'une croûte de battance. Après avoir discuté de la présence ou de l'absence de ces contraintes sur le territoire du Sablassou, nous avons étudié la ressource en eau pour les plantes, au travers du réservoir

utilisable maximum du sol et du potentiel d'irrigation. Enfin, nous avons étudié la manière dont les sols du Sablassou peuvent répondre aux besoins de nutrition des plantes.

Les sols fournissent de nombreux services autres que la production agricole et leur préservation de l'artificialisation se justifie également par des services écosystémiques. Ils sont généralement considérés comme les contributions directes et indirectes des écosystèmes à la qualité de la vie humaine (Sukhdev et al., 2008).

Ainsi, nous nous sommes intéressés à trois grands indicateurs montrant l'intérêt de la conservation du Sablassou en tant que zone agricole. Tout d'abord, nous avons estimé les stocks de carbone des sols du Sablassou. Ensuite, nous avons estimé l'infiltration de l'eau dans la zone pour lutter contre les inondations lors des épisodes pluvieux importants, recensés régulièrement dans la région. Enfin, nous nous sommes intéressés aux solutions envisagées pour lutter contre les îlots de chaleur urbains, de plus en plus fréquents avec le contexte de réchauffement climatique actuel, en montrant l'importance de la préservation d'espaces végétalisés à proximité des zones urbaines denses. Ainsi, notre travail permet d'apporter des éléments de réponse et de réflexion quant aux enjeux de consommation foncière mentionnés par le SCoT.

2. ÉTAT DE L'ART ET CHOIX DES INDICATEURS

2.1. Potentiel agronomique

2.1.1. Les contraintes à la culture

2.1.1.1. Les contraintes physiques

Les contraintes physiques majeures à la valorisation agricole d'une parcelle sont : la pente, la présence d'éléments grossiers et une trop faible profondeur de sol. Pour les pentes, un seuil supérieur à 20 % favorise l'érosion en cas de forte pluie. Une pente supérieure à 10 % entraîne une mécanisation des cultures plus difficile (Poinsot, 2005).

2.1.1.2. Le stress salin

Des contraintes de nature chimiques peuvent aussi entraver l'activité agricole. Dans la région montpelliéraine, nous pouvons retrouver des sols salins proche de la côte. La formation d'un sol salin est le résultat de l'accumulation de sels dans les horizons de surface (Baize, 2018). Ce processus est dépendant du régime hydrique du sol et de ses sources de sel (Lahbib, 2014).

Les contraintes liées au stress salin pour les plantes sont de deux types : le stress osmotique et le stress ionique (Zaoui & Brun, 2020). Le stress osmotique diminue l'absorption de l'eau par la plante. En effet, l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol entraîne une augmentation de l'énergie nécessaire à la plante pour absorber l'eau du sol et peut donc exposer la plante aux conséquences d'un stress hydrique. Le stress ionique est lié à la toxicité des ions comme le sodium et le chlore.

Ces deux types de stress inhibent les différents processus physiologiques et biochimiques qui dirigent la croissance et le développement des plantes. Seules les plantes adaptées à vivre dans des conditions d'aridité et de salinité (plantes halophiles) sont capables de mettre en place des mécanismes d'ajustement osmotique et de neutralisation des radicaux libres pour faire face à une salinité élevée. La plupart des plantes à intérêt agronomiques (céréales, vignes, maraîchage) sont incapables de mettre en œuvre ces mécanismes et ne sont donc pas cultivables, telles quelles dans un milieu salin (Arabic Theme, 2017).

Un sol est considéré salé quand sa conductivité électrique devient supérieure à $4\text{ m}\Omega\cdot\text{cm}^{-1}$, soit $4\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. À partir de $8\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, la plupart des plantes cultivées voient leur rendement fortement diminuer par la salinité. Seules les plantes halophiles prospèrent dans des milieux à salinité supérieure à $16\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ (Farissi et al., 2014).

2.1.1.3. La battance

La battance est un phénomène qui se produit sur certains sols exposés à la pluie, particulièrement s'ils sont labourés. La structure superficielle se désagrège sous l'action des gouttes de pluie et forme une croûte en surface. Celle-ci limite l'infiltration de l'eau de pluie au profit du ruissellement et peut aussi poser des problèmes de germination et de levée.

Il s'agit donc d'une contrainte à l'activité agricole (UVED, 2014). La battance des sols dépend de la texture et du taux de matière organique. Plus un sol est riche en limons, plus il est sensible

à la battance. Au contraire, les argiles et la matière organique favorisent la floculation et donc la stabilité structurale.

2.1.2. Le régime hydrique

L'un des facteurs limitants principaux de l'activité agricole est l'eau, particulièrement dans les régions méditerranéennes. Le régime hydrique est conditionné par deux facteurs : le climat et le sol (Seroin, 2020). Dans le cas de l'agglomération montpelliéraine, territoire d'application du PLUi, le climat est une variable assez homogène, il ne permet donc pas de discriminer les endroits les plus propices à une activité agricole.

2.1.2.1 Stockage de l'eau dans les sols : le réservoir utilisable maximal (*RUM*)

Le sol contribue à la fourniture d'eau pour les plantes grâce à sa capacité à stocker de l'eau. La réserve utilisable disponible (*RUD*), qui est la quantité d'eau utilisable par les plantes à un instant t , dépend des conditions météorologiques, de l'irrigation, du stade phénologique des cultures. Elle varie fortement au cours de l'année et n'est donc pas mesurable pour un sol en général. Il est cependant possible de calculer le réservoir utilisable maximal (*RUM*), souvent appelé réserve utile, qui correspond à la capacité de stockage de l'eau par le sol entre deux épisodes de précipitation ou d'irrigation.

Cet indicateur est utilisé dans de nombreuses études des potentialités des sols, il intègre plusieurs paramètres : la profondeur des sols, le taux d'éléments grossiers, la structure et la texture (Antoni, 2011). Le *RUM* est la différence entre le volume d'eau au point de flétrissement permanent (teneur en eau en dessous de laquelle les plantes ne peuvent plus extraire l'eau) et la capacité au champ (teneur en eau au-dessus de laquelle l'eau s'écoule par gravité) (Baize & Jabiol, 2011).

2.1.2.2. La surface irrigable

Si un important réservoir utilisable d'eau est nécessaire, il ne suffit pas à couvrir les besoins hydriques de nombreuses cultures en région méditerranéenne. En particulier, en maraîchage, alors que les conditions de sol et de climat ne sont pas rédhibitoires grâce aux apports extérieurs parfois conséquents, l'irrigation est indispensable en climat méditerranéen (J. Crance, communication personnelle, 29 novembre 2022).. Même si le réservoir maximal est grand, en période de sécheresse, la réserve utilisable disponible pour les plantes peut être nulle (Montpellier Méditerranée Métropole, 2021). Il nous a donc paru important d'ajouter dans le potentiel agronomique la possibilité de remplir ce réservoir, soit d'irriguer les surfaces.

En conséquence, parmi les objectifs opérationnels du futur PLUi de Montpellier Méditerranée Métropole se trouve celui de "*Ne pas urbaniser les terres agricoles à enjeux, notamment les terres irrigables*" (Montpellier Méditerranée Métropole, 2021). La préservation pour un usage agricole de ces terres potentiellement irrigables paraît primordiale à la sécurisation de l'approvisionnement alimentaire de la métropole, d'autant plus dans un contexte de changement climatique.

2.1.3. Nutrition des plantes et paramètres chimiques

2.1.3.1. Source des éléments nutritifs

La fertilité d'un sol est la capacité du sol à fournir les éléments nutritifs nécessaires au développement des plantes, libérés grâce à l'action des organismes vivants décomposant la matière organique (COMIFER, 2019).

Seize éléments nutritifs sont essentiels au développement des plantes. 90 à 96 % de la matière sèche d'une plante est composée des trois éléments principaux : le carbone, l'hydrogène et de l'oxygène. Ceux-ci sont captés sous forme d'eau et de CO_2 et prélevés par la plante dans l'atmosphère. Nous ne nous intéresserons donc pas à ces éléments dans le cadre du potentiel agronomique du sol. L'azote (2 %), le phosphore (0,4 %) ainsi que le potassium (2,5 %) sont les éléments primaires tandis que le calcium, le magnésium et le soufre sont des éléments secondaires. Cette classification signifie que les premiers sont nécessaires en plus grande quantité par rapport aux suivants. Enfin, les micronutriments sont représentés par le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le bore et le molybdène (UNIFA, s. d.). L'ensemble de ces nutriments sont essentiels à la croissance et au développement général de la plante et de ses racines.

Ces nutriments sont majoritairement puisés dans le sol par les racines. Celles-ci ont des stratégies d'absorption diverses tant dans le domaine structural que chimique, permettant de favoriser ou limiter l'absorption de certains nutriments. Certains permettent l'agrégation des particules d'argiles augmentant la disponibilité des nutriments ainsi que la constitution d'une réserve nutritive pour les organismes du sols (bactéries, micro-organismes fixant l'azote...).

L'azote est soit présent dans les résidus de récoltes ou les engrais organique, c'est-à-dire, sous forme non minérale qui n'est pas directement assimilable par les plantes, soit sous forme d'ions ammonium ou d'ion nitrate, captés directement par les racines. Le phosphore et le potassium sont assimilables seulement sous la forme d'anions et de cations présents sur le complexe argilo-humique et provenant de la minéralisation de la matière organique.

2.1.3.2. Les caractéristiques physiques

La fertilité d'un sol d'un point de vue physique, dépend de sa structure ainsi que de sa texture. La teneur en matière organique permet d'améliorer la stabilité structurale du sol, la résistance à la compaction, la capacité de rétention en eau.

2.1.3.3. Les caractéristiques chimiques

La capacité d'échange cationique (CEC) est une mesure du pouvoir d'un sol à retenir et échanger des cations. Plus la CEC est élevée, plus le sol peut retenir des cations. (Chambre d'agriculture de la Drome, 2015). La CEC dépend du taux d'argile et de matière organique ainsi que du pH. De manière générale, plus le sol est acide, plus la CEC est faible. En effet, en conditions acides, les groupements sont moins dissociés, par conséquent, il y a moins de charges variables qui contribuent à la CEC.

La solubilité de nombreux éléments nutritifs du sol dépend du pH du sol (*Annexe 3*). La majorité de ces éléments ont leur optimum de solubilité pour des valeurs de pH comprises entre 6 et 6,5. Au-delà de ce niveau de pH, les risques de blocage en oligo-éléments (manganèse) ou de maladies (piétin échaudage sur céréales) sont accentués. De plus, lorsque le pH du sol est inférieur à 5, la concentration d'aluminium assimilable augmente. Cela peut alors se révéler toxique pour des cultures sensibles. La toxicité aluminique apparaît lorsque le pH eau du sol est inférieur à un seuil variable selon le type de sol, mais il est considéré qu'au-dessus de 5,5, le risque est écarté en toute situation.

Le phosphore est peu soumis au lessivage donc reste longtemps dans les sols. Ce nutriment est essentiel à la photosynthèse ainsi qu'à la synthèse d'enzymes et de protéines par les plantes, c'est pourquoi il nous a semblé important d'intégrer sa quantification au potentiel agronomique. Le calcaire peut engendrer une diminution de sa disponibilité. Les excès de phosphore concernent principalement les sols limoneux-sableux, conduisant à des carences en zinc et en fer.

2.1.3.4. Micronutriments

Le complexe d'échange cationique peut concrètement être occupé par des cations échangeables alcalins (Ca^{2+} Mg^{2+} , K^+ Na^+) et des cations échangeables acides (Al^{3+} et H^+) (Baize, 2018). Il existe un ordre d'affinité pour la fixation des cations sur celui-ci, dans l'ordre décroissant (Dabin, 1970) :

$$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{Na}^+.$$

Le cuivre est nécessaire à la respiration cellulaire, l'absorption de l'azote ou encore la photosynthèse. Néanmoins, à de fortes concentrations il peut devenir toxique. Sa toxicité est particulièrement importante sur les sols sableux et acides (Aurea Agrosiences, 2017b).

La carence en zinc apparaît dans les sols à pH élevé, ou riche en phosphore et est causée par une diminution de sa mobilité dans le sol. Le zinc est essentiel au moment de la croissance et de la formation des graines et participe à la synthèse des protéines et des glucides (Minerals and Agriculture GmbH, 2019).

Le manganèse est essentiel à la photosynthèse et à la production de chlorophylle. La carence touche particulièrement les sols acides ou calcaires, soufflés, à texture légère, riche en humus ou en phosphore et soumis à la sécheresse ou à un haut degré de chaulage. Sa toxicité se révèle dans les sols acides.

Le fer est indispensable à la photosynthèse, la respiration, l'assimilation de l'azote et à la synthèse de l'ADN. Les sols calcaires, tassés, ayant un pH élevé ou des teneurs excessives de cuivre ou d'azote sont plus susceptibles à ce type de carence, appelée chlorose ferrique (Association technique Viticole 49, 2020).

2.1.4. Indications géographiques et valorisation des productions

Le schéma de cohérence territoriale de la métropole de Montpellier Méditerranée, document de référence dans la construction du plan local d'urbanisme intercommunal, met en valeur l'importance de "préserver et réactiver les espaces agro-naturels, socle d'un système agricole

et alimentaire territorial durable”. Il y est explicitement mentionné que le potentiel qualitatif, notamment exprimé à travers les Signes d’Identification de la Qualité et de l’Origine (SIQO) doit être accompagné (Montpellier Méditerranée Métropole, 2019a). Il apparaît donc important de préserver les terres agricoles capables de d’accueillir une diversité importante de production au SIQO reconnues.

Les définitions suivantes permettront de mieux comprendre et d’analyser les résultats obtenus. Elles correspondent aux définitions en date fixées par l’INAO (INAO, 2012a).

- *AOP* : Appellation d’Origine Protégée, produit dont toutes les étapes de production sont réalisées selon un savoir-faire reconnu dans une même aire géographique, qui donne ses caractéristiques au produit. C’est un signe européen qui protège le nom du produit dans toute l’Union européenne. Les appellations viticoles peuvent être complétées par une dénomination précisant lieu ou type de cru.
- *IGP et IG* : identifient un produit agricole, brut ou transformé, dont la qualité, la réputation ou d’autres caractéristiques sont liées à son origine géographique.

2.2. Services écosystémiques

2.2.1. Stockage de carbone des sols

Au vu de la situation climatique actuelle et afin de respecter les orientations définies par le SCoT 2019, il est nécessaire de préserver les espaces non artificialisés stockant du carbone (Montpellier Méditerranée Métropole, 2019a). Sur les continents, le sol est un réservoir de carbone important (Selosse & Rafaelian, 2021). Il semble donc crucial d’estimer le stock de carbone des sols visés par l’artificialisation afin de mieux mesurer l’impact de cette dernière. Dans le cadre du PLUi, la quantification des stocks de carbone apparaît comme un facteur déterminant dans le choix des espaces à préserver.

2.2.2. Infiltration de l’eau et lutte contre les inondations

Un des services écosystémiques fournis par un sol naturel est sa capacité d’infiltration de l’eau lors d’un évènement pluvieux. Cela permet de limiter le ruissellement et donc l’érosion et certaines inondations. Avec une forte capacité d’infiltration, un sol, en tant que réservoir, lisse les variations du débit des cours d’eau par rapport à celles des précipitations.

La zone du Sablassou fait partie d’une zone blanche du *Plan de Prévision des Risques Naturels d’Inondation de la Vallée du Lez* de la commune de Castelnau-le-Lez (Direction Départementale de l’équipement - département de l’Hérault, 1998). Cela signifie que la zone n’est pas considérée comme étant exposée à un risque d’inondation. Cependant, le Sablassou fait partie du bassin versant du Lez, fleuve de la métropole de Montpellier. Un trop fort ruissellement sur le bassin versant signifie un risque d’inondation accru dans les zones inondables qui bordent le Lez en aval. Ainsi, toutes les précipitations qui tombent sur le Sablassou et qui ne sont pas infiltrées participent de la montée des eaux du Lez dans les cas d’évènements pluvieux intenses.

Dans ce cadre, il paraît donc intéressant de d’estimer la capacité d’infiltration actuelle des sols du Sablassou pour comprendre de combien pourrait augmenter le ruissellement en cas d’artificialisation d’une partie de cette surface.

La capacité d'infiltration d'un sol dépend de la texture du sol (plus il est sableux, plus la part de précipitation infiltrée sera grande), de l'humidité initiale et est variable au cours de l'averse (Crabit & Colin, 2021). Il varie aussi en fonction de la couverture, de l'intensité de la pluie, de la pente, de son état de saturation lié aux antécédents pluviométriques... (Direction Départementale des territoires de la Mer de l'Hérault, 2014).

3.2.3. Limitations des îlots de chaleur urbains : micro-climat

Les vagues de chaleur sont des phénomènes de plus en plus fréquents (Stocker, 2014). En France, elles ont été deux fois plus fréquentes pour les 40 dernières années en comparaison avec la période antérieure (Soubeyroux et al., 2016).

Ces vagues de chaleur sont particulièrement aggravées par les îlots de chaleur urbain (ICU). Un ICU correspond à une élévation de température en milieu urbain comparativement aux zones rurales voisines. C'est un microclimat artificiel dû aux activités humaines et à l'urbanisation (Pascal et al., 2018).

Ces variations peuvent atteindre 7 à 8°C pendant les nuits d'été à Toulouse, Paris ou Strasbourg (Lambert-Habib et al., 2013). Les solutions envisagées résident souvent dans la végétalisation des espaces urbains. Néanmoins nous voudrions attirer l'attention sur les espaces végétalisés à proximité de l'espace urbain dense et l'importance de leur préservation. L'institut National de Santé Publique du Québec a produit une synthèse des effets sur la santé des espaces verts qui souligne l'impact positif des espaces verts pour le bien-être des populations (Beaudoin & Levasseur, 2017).

Dans le contexte de changement climatique, d'ici 2050, la métropole de Montpellier, dont fait partie Castelnau-le-Lez, pourrait voir sa température moyenne augmenter de 3 à 5°C (Montpellier Méditerranée Métropole, 2019). Par conséquent l'impact des fortes chaleurs sur la santé de sa population, identifié par le Schéma de Cohérence Territoriale (Montpellier Méditerranée Métropole, 2019a) est amené à augmenter. Les ICU sont un facteur aggravant des canicules. Dans le cadre d'une politique de santé publique et de respect du SCoT, il convient de limiter leur effet pour préserver la santé des populations Castelnaviennes.

L'impact des ICU varie fortement au cours de la journée et en fonction du recouvrement considéré (Figure 2). Les surfaces végétalisées sont celles qui limitent au mieux l'effet des ICU au cours de la journée tandis que des surfaces imperméables ou d'urbain dense accentuent fortement l'effet ICU.

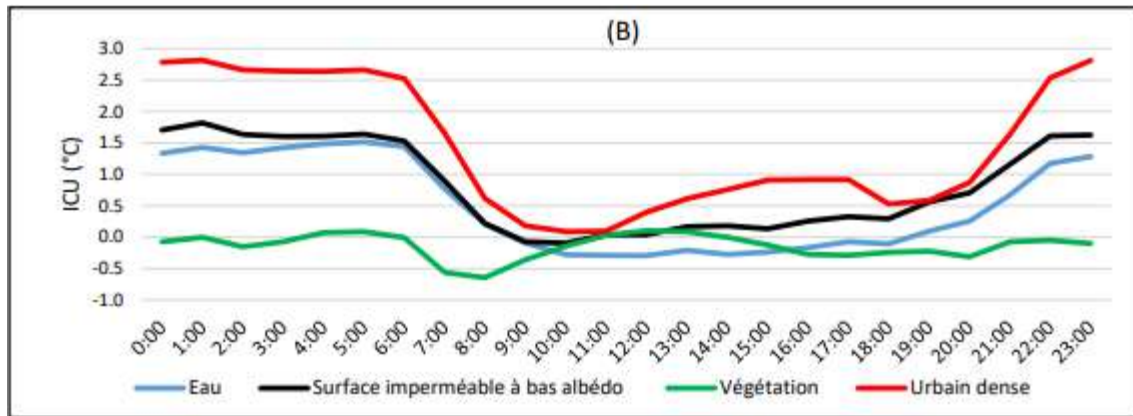


Figure 2 : Moyennes horaires de l'ICU sur un cycle journalier pour les indices "eau", "végétation", "urbain dense" et "surface" imperméable à faible albédo entre le 15 juin et le 31 août 2019 à Metz - source : (Hassani & Drogue, 2020)

3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.0. Description des étapes du projet

Le projet s'est déroulé en trois phases principales :

- La première phase s'est déroulée en fin de printemps 2022. Il s'agit d'observer les sols de la zone d'étude pour appréhender leur diversité. Pour ce faire, avons réalisé une fosse pédologique et des sondages de sol.
- La deuxième phase, en juin 2022, a permis de synthétiser les résultats issus de nos observations afin de découper le terrain d'étude en zones homogènes. Nous avons déterminé huit points d'échantillonnage distincts des premiers échantillons faits à la tarière, et représentatifs de la diversité des sols observés. Les huit échantillons ont été envoyés à la chambre d'agriculture de l'Aude¹ pour une analyse de sols.
- La dernière phase, de septembre à décembre 2022 a consisté en l'analyse des données issues des deux premières phases. Ces données ont été comparées à celles existantes dans la littérature et dans les banques de données. Une analyse de sol réalisée par l'exploitation de l'Herbier du Sablassou a enrichi nos données. L'analyse s'est concentrée sur la multi-potentialité des sols et plusieurs fonctions rendues par les sols.

L'étude de la ressource en eau locale (nappe souterraine) n'a pas été retenue dans ce projet, car c'est un sujet demandant des investissements en mesure, en temps, en budget incompatibles avec ce Projet Etudiant Ingénieur.

Le projet s'est déroulé de mars à décembre 2022, incluant une période de pause du mois de juin à août.

3.1. Appréhender la diversité des sols dans le territoire du Sablassou

3.1.1. Fosse pédologique

Une fosse pédologique d'1,25 m de profondeur et de 2,5 m de longueur par 1,5 de largeur a été creusée le 7 avril 2022, sur le terrain de l'association Maraîchons à Sablassou (Figure 3), à la position Long : 3° 55.290' E, Lat : 43° 37.895' N. Les observations et caractérisations ont été faites pour chaque horizon :

¹ <https://aude.chambre-agriculture.fr/agroenvironnement/laboratoire-danalyses/>



Figure 3 : Fosse pédologique réalisée aux coordonnées, Long : 3° 55.290' E, Lat : 43° 37.895' N le 7 avril 2022

1. Couleur codifiée grâce au nuancier de Munsell,
2. Texture estimée au toucher après humectation et suivant l'arbre de décision (*Annexe 4*)
3. Pourcentage d'éléments grossiers estimé visuellement à l'aide de la charte Munsell,
4. Test de l'effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl) qui permet d'estimer la présence de calcaire (*Annexe 5*),
5. États d'humidité estimés au toucher (pas de précipitations depuis une dizaine de jours),
6. Structure décrite qualitativement,
7. Description quantitative et qualitative des racines,
8. Description de la présence de témoins de l'activité biologique et de traces d'hydromorphie.

La densité apparente (masse volumique) des différents horizons a aussi été mesurée grâce à un cylindre de 3 cm de diamètre et 15 cm de longueur. La terre contenue dans ce volume a été séchée dans une étuve à 80°C puis pesée afin d'obtenir la masse volumique.

Les résultats bruts du profil se trouvent en (*Annexe 6*). Un poster pédagogique expliquant ces résultats a été créé (*Annexe 7*). Les résultats de densité apparente (*Annexe 8*) sont utilisés pour déterminer les stocks de carbone.

3.1.2. Échantillonnage des sols du Sablassou

3.1.2.1. Détermination des points d'échantillonnage

Les paramètres qui influencent la pédogenèse sont le climat, le relief, la nature du matériau parental, les organismes vivants, le temps d'évolution et les activités anthropiques. Sur une zone localisée comme le Sablassou, les facteurs qui peuvent différencier le sol par rapport aux alentours sont donc la topographie et l'usage des sols, c'est-à-dire le type de couvert (vigne, grandes cultures, friches...). En effet, le climat est similaire sur l'ensemble de la zone. Nous avons déterminé quinze points à échantillonner en première phase afin qu'ils soient représentatifs des différents couverts et niveaux de pentes de la zone (Figure 4 : Carte des points d'échantillonnage de la 1ère phase réalisée sur QGIS 3.4. – source : personnelle). Ces quinze échantillons nous ont permis de nous donner une idée de la diversité des sols du Sablassou dans le but de sélectionner des sous-zones homogènes, dont nous traiterons dans la partie suivante. Des contraintes pratiques ont également influencé les lieux d'échantillonnage : les zones inaccessibles (golf, propriétés fermées) n'ont pas été échantillonnées.

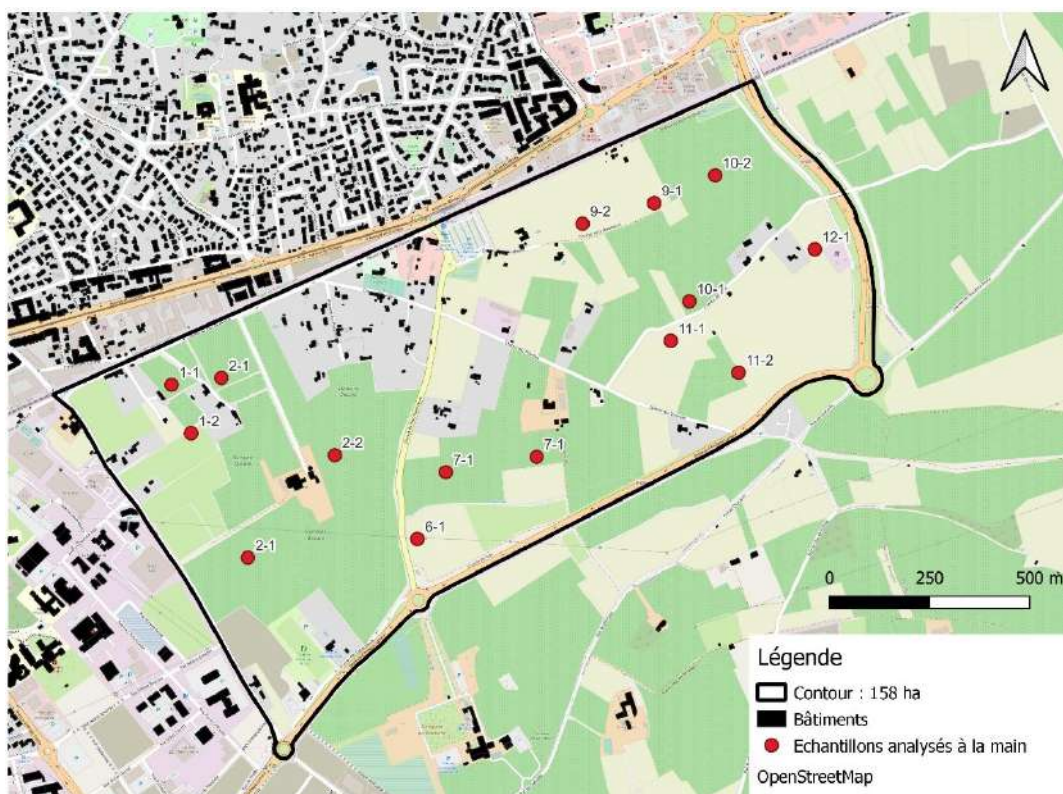


Figure 4 : Carte des points d'échantillonnage de la 1ère phase réalisée sur QGIS 3.4. – source :
personnelle

3.1.2.2. Analyses de terrain

L'échantillonnage a été réalisé à la tarière, sur environ 60 cm. La période de l'année où ont été faites ces observations (mai 2022), très sèche, a rendu difficiles les sondages. De ce fait, il a été impossible de sonder certains échantillons à 60 cm de profondeur. Les paramètres suivants ont été évalués :

1. Couleur codifiée grâce au nuancier de Munsell,
2. Texture estimée au toucher après humectation et suivant l'arbre de décision (*Annexe 4*),
3. Pourcentage d'éléments grossiers estimé visuellement à l'aide de la charte Munsell,
4. Test de l'effervescence à l'acide chlorhydrique (HCl) qui permet d'estimer la présence de calcaire (*Annexe 5*),
5. Etats d'humidité estimés au toucher (pas de précipitations depuis une dizaine de jours).

Les résultats de ces observations se retrouvent dans le tableau en (*Annexe 6*).

3.1.2.3. Analyses de laboratoire

Pour chaque horizon, un échantillon a été collecté. Quelques jours plus tard, et après un passage en étuve, nous avons mesuré le pH et la conductivité de ces échantillons à l'aide d'un pH-mètre et d'un conductimètre. Le protocole suivi est celui de la Mesure du pH dans de l'eau déminéralisée du guide de *Travaux pratiques de sciences du sol en 1re année* (*Annexe 10*).

Chaque mesure a été faite à deux reprises et la valeur retenue est celle de la moyenne des deux mesures (*Annexe 11*).

3.2. Déterminer un échantillonnage représentatif de la zone

3.2.1. Partition du Sablassou en unités agro-pédologiques

Nous avons découpé le territoire du Sablassou en sous-unités agro-pédologiques (Figure 5) sur la base des critères suivants :

- **Délimitation parcellaire** : nous sommes partis du postulat qu'une parcelle agricole est une unité de sol uniforme.
- **Valeurs estimées de pierrosité, texture, calcaire (effervescence au HCl), ainsi que des valeurs mesurées de pH et de conductivité.** À l'aide du logiciel Qgis, nous avons représenté les points échantillonnés sur une carte, en colorant les points en fonction de ces valeurs.
- **L'usage des sols** comme critère pour inférer à certaines parcelles non échantillonnées les propriétés de parcelles voisines au même usage de sols.

Enfin, nous avons choisi un point de prélèvement pour chaque sous-unité agro-pédologique, soient huit points au total. Ces points ont été déterminés de manière à répondre à deux contraintes. D'abord, ils devaient être représentatifs de la zone dans laquelle ils étaient prélevés. De plus, ils devaient être suffisamment éloignés des points réalisés lors du premier échantillonnage à la tarière pour nous permettre de mieux couvrir l'ensemble du Sablassou.

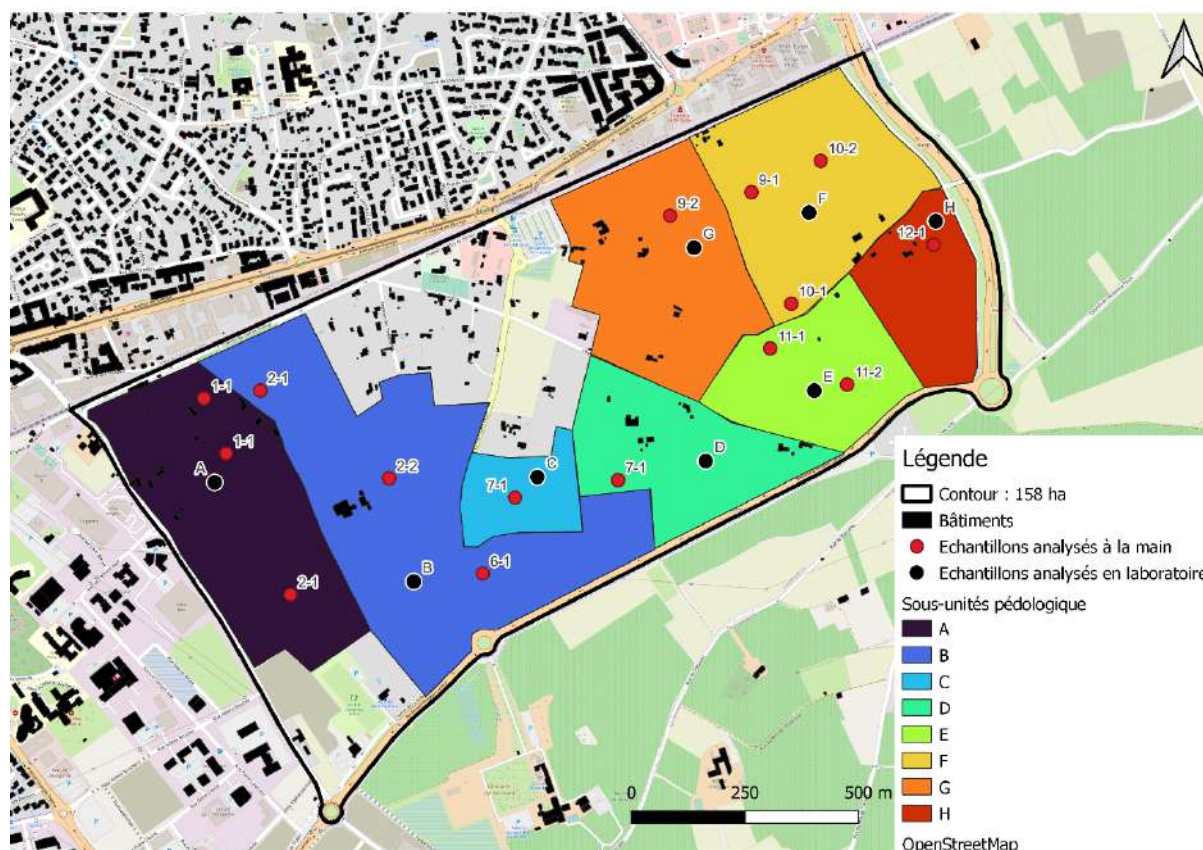


Figure 5 : Carte montrant les sous unités agro-pédologiques retenues et emplacement des échantillons analysés au laboratoire et sur le terrain, réalisée avec QGIS 3.24 - source : personnelle

3.2.2. Analyses de terre

Des échantillonnages ont été réalisés sur les huit points précédemment déterminés. Le prélèvement a été fait à la tarière sur les 20 premiers centimètres du sol. Pour disposer d'un échantillon le plus représentatif possible de la parcelle, trois échantillons éloignés de quelques mètres ont été mélangés pour créer un composite par point de prélèvement.

Les échantillons ont été séchés à l'air à environ 25-30°C. Les échantillons secs ont été envoyés au laboratoire d'analyses des sols de la Chambre d'agriculture de l'Aude.

Les échantillons ont subi une analyse complète :

- | | |
|------------------------------|--|
| - Granulométrie 5 fractions, | - Taux d'azote (N), du phosphore (K) |
| - Calcaire total et actif, | - Bases échangeables (Ca, Mg, K et Na) |
| - pH eau | - Oligos-éléments Cu, Zn et Mn |
| - Fer assimilable, | - Capacité d'échange cationique (CEC Metson) |
| - Matière organique (MO), | |
| - Taux de carbone (C) | |

3.3. Elaboration des indicateurs décrivant les grandes fonctions du sol

3.3.1. Indicateurs du potentiel agronomique

Afin d'évaluer le potentiel agronomique du terrain, un ensemble d'indicateurs caractérisant les dimensions physiques, chimiques et biologiques du sol ont été retenus et analysés. Ces indicateurs sont calculés à partir des données issues des observations de terrain et des analyses de laboratoire.

3.3.1.0. La texture des sols

La texture est définie comme la répartition par classes granulométriques de la terre fine (< 2 mm). Élaborer une cartographie de la texture des sols a été une première étape nécessaire pour plusieurs autres indicateurs (battance, réserve utile, infiltration de l'eau, stockage de carbone...). Pour déterminer les textures des sols du Sablassou, nous avons aggloméré deux types de données complémentaires. D'une part les données issues de l'estimation tactile pour seize points d'échantillonnage. Nous y avons ajouté les textures estimées de la fosse pédologique. D'autre part, les données issues des analyses granulométriques du laboratoire de la Chambre d'agriculture de l'Aude sur huit échantillons, auxquelles nous avons ajouté les données issues de l'analyse des sols réalisée par l'agriculteur de l'herbier du Sablassou.

Les analyses granulométriques effectuées en laboratoire ont fourni des données plus précises que les estimations tactiles, cependant cohérentes entre les sous-unités agro-pédologiques. Nous avons donc utilisé les classes texturales issues des analyses de laboratoires en les corrélant aux résultats trouvés aux estimations tactiles. En effet, les points d'échantillons dont la texture a été estimée au toucher étant plus nombreux, ils nous ont aidés à analyser la diversité texturale au sein du Sablassou

3.3.1.1. Les contraintes à la culture

3.3.1.1.1. Les contraintes physiques

D'une part, nous avons étudié la topographie du site en relevant les pourcentages des pentes recensées sur Géoportail. Toute pente supérieure à 10% sera considérée comme étant une contrainte pour l'agriculture.

Le taux d'éléments grossiers contraint la réserve utile et sera donc traité dans la partie "*Réservoir utilisable du sol*".

Nous avons estimé la profondeur des sols grâce à plusieurs paramètres :

- Une profondeur de 60 cm maximum a été estimée grâce aux forages à la tarière
- La fosse pédologique a permis de sonder le sol jusqu'à 1m20
- Un forage pédologique réalisé au Clos de l'Armet permet d'estimer la profondeur des premiers matériaux solides (Nguyen & Philippe, 2011)

Enfin, ces données peuvent être comparées à celles de la région grâce à la carte de la profondeur des sols de la France métropolitaine du projet Gissol (Gissol, 2011), selon l'échelle :

- < 30 : très peu profond
- 30 - 50 : peu profond
- 50 - 100 : profond
- > 100 : très profond

3.3.1.1.2. Le stress salin

Nous avons évalué la salinité du Sablassou par mesure de la conductivité électrique de notre sol par méthode électrométrique pour les 15 échantillons répartis sur la zone. Nous considérerons donc que toute valeur de conductivité obtenue supérieure à $4 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ sera une limite à l'établissement de cultures d'intérêt agronomique.

3.3.1.1.3. La battance

Nous avons calculé la battance grâce à la formule issue des travaux de l'INRA (Schvartz et al., 2005).

Si $pH_{eau} \leq 7$:

$$IB = \frac{1,5 \cdot LF + 0,75 \cdot LG}{A + 10 \cdot MO}$$

Si $pH_{eau} > 7$

$$IB = \frac{1,5 \cdot LF + 0,75 \cdot LG}{A + 10 \cdot MO} - 0,2 \times (pH - 7)$$

Où IB est l'indice de battance, LF , LG et A sont respectivement les fractions de limons fins, de limons grossiers et d'argiles. MO correspond à la teneur en matière organique. Un sol n'est pas considéré comme soumis à cette contrainte si l'indice de battance est inférieur à 1,4 (Schvartz et al., 2005).

3.3.1.2. Le régime hydrique

3.3.1.2.1. Stockage de l'eau dans les sols : le réservoir utilisable maximal (*RUM*)

À l'aide des données concernant la texture de la terre fine, le taux d'éléments grossiers ainsi que la profondeur d'enracinement des cultures, nous avons estimé le *RUM* grâce à la “*méthode des textures*”. Cette méthode associe une valeur de à chaque classe texturale dans des tableaux (COMIFER, 2019).

$$RUM = P \times Cr_{eau} \times (1 - T_c) \times (1 - T_{eg})$$

[mm]

Où P est la profondeur d'enracinement exprimée en cm , Cr_{eau} est la capacité de rétention en eau relative à texture en $mm \cdot cm^{-1}$, T_c et T_{eg} sont respectivement les taux de compaction et en éléments grossiers.

Le taux de compaction n'a pas été pris en compte dans notre calcul, car il dépend des pratiques agronomiques et n'est pas mesurable avec les méthodologies utilisées, le calcul final sera donc :

$$RUM = P \times Cr_{eau} \times (1 - T_{eg})$$

La présence d'éléments grossiers a été évaluée visuellement lors de la première phase d'échantillonnage et a été recoupée aux données de la banque de données SOL Hérault. La plupart des éléments grossiers ($> 2mm$) observés sur la zone du Sablassou sont de nature calcaire (très forte effervescence à HCl). Dans la littérature, les calcaires ont une porosité médiane de 18 % du volume et une humidité utile de 3 % (Baize & Jabiol, 2011). Nous avons donc considéré le réservoir utilisable des éléments grossiers comme nul.

Concernant la texture, les trois classes texturales issues de l'analyse granulométrique ont été prise en compte. La capacité de rétention associée à chaque classe de texture a été approximée (**Annexe 12**). Cependant, les classes de texture issues de la carte ci-dessus correspondent au triangle de texture GEPPA tandis que les capacités de rétention de l'**Annexe 12** correspondent au triangle de l'Aisne. Les correspondances sont inscrites dans le tableau de l'**Annexe 13**.

Concrètement, la texture des sols mesurée en laboratoire provient des premiers 20 cm. Nous avons donc calculé dans un premier temps la réserve utile par cm de sol sur ces premiers 20 cm pour être au plus proche de la réalité. Cependant, selon les sols étudiés, l'élément qui contraint le plus le *RUM* peut être la profondeur des sols. Dans un sol sans contrainte physique empêchant le développement racinaire, la profondeur utilisée dans le calcul de la réserve utile est la profondeur d'enracinement des cultures. Dans un sol peu profond, l'enracinement et la *RUM* peuvent être contraints par la présence d'un matériau solide empêchant l'enracinement.

Nous avons extrapolé les données de texture et d'éléments grossiers obtenues sur les 20 premiers cm pour une profondeur d'enracinement d'un mètre. En effet, il s'agit de la profondeur que peuvent atteindre des racines de blé au stade : *épi*_{1 cm} (Gate & Castillon, 2010). Enfin, nous avons comparé ces données à celles obtenues dans le cadre du projet Gissol pour l'ensemble de la France métropolitaine (Gissol, 2011). Les résultats bruts des calculs se situent dans l'**Annexe 14**.

3.3.1.2.2. La surface irrigable

Nous avons étudié les possibilités d'irrigation de la zone du Sablassou en considérant deux types d'irrigation envisageables.

D'une part, l'irrigation traditionnelle au travers de l'utilisation des ressources souterraines par l'intermédiaire des norias présentes sur le territoire du Sablassou. La ressource en eau de cette nappe n'a pas pu être quantifiée car elle nécessitait des relevés de niveaux piézométriques pendant une longue période.

D'autre part, l'utilisation du réseau d'eau agricole issu du canal du Bas-Rhône Languedoc (BRL). L'utilisation du BRL n'est envisageable sur une parcelle agricole, en l'état actuel, uniquement s'il se trouve à moins de 200 mètres de la parcelle. Nous avons donc mesuré l'éloignement de chaque parcelle agricole actuelle avec le tracé du réseau hydraulique régional.

3.3.1.3. Les indicateurs liés à la nutrition des plantes

Toutes les mesures liées à la nutrition des plantes dans cette partie sont issues des analyses réalisées par le laboratoire d'analyses de sols de la Chambre d'agriculture de l'Aude. Les résultats de ces analyses pour les huit points échantillonnés se trouvent en *Annexe 15*.

3.3.1.3.1. Éléments nutritifs

La quantification de tous ces nutriments nous permet donc d'estimer la fertilité des sols du Sablassou. Nous avons défini plusieurs seuils pour chacun des éléments. Les seuils satisfaisants sont indiqués dans l'*Annexe 15* pour les éléments majeurs.

3.3.1.3.2. Les caractéristiques physiques

Les caractéristiques physiques ont été évaluées à travers l'analyse granulométrique des échantillons vues dans la partie texture. Notre travail repose sur la caractérisation de classes granulométriques et de leur spatialisation au sein de la zone du Sablassou.

De plus, les teneurs en matière organique souhaitables pour une mise en culture sont comprises entre 2 et 4 % selon le type de culture souhaitée (Chambre d'agriculture Alpes-Maritimes, 2012).

3.3.1.3.3. Les caractéristiques chimiques

La concentration en éléments nutritifs ainsi que le pH, le calcaire total et la capacité d'échange cationique (CEC) et la teneur en matière organique sont des indicateurs de la fertilité chimique d'un sol. Ils conditionnent la disponibilité des éléments nutritifs dans le sol.

La CEC a été mesuré à pH = 7 à l'aide de la méthode Metson consistant à échanger les cations avec des ions d'ammonium provenant d'une solution d'acétate d'ammonium. Une CEC est faible pour des valeurs inférieures à 10 milliéquivalents pour 100 g. Le réservoir est dit "moyen" lorsque la valeur de la CEC est de 12 meq/100 g, "correct" à 20 meq/100 g et "important" au-delà de 40 meq/100 g

Le pH du sol est aussi un indicateur chimique qui permet de caractériser la qualité des sols. Nous l'avons estimé en mesurant le pH_{eau} qui rend compte de la concentration d'ions hydrogène de la solution d'un sol et qui se situe entre 0 et 14. Des valeurs de pH inférieur à 5,5 seront considérées comme contrainte majeure au développement de culture d'intérêt agronomique. Les pH non compris entre 6 et 7 seront considérés comme contraintes mineures.

Le calcaire total est mesuré par quantification du relâché à la suite d'une réaction d'effervescence avec de l'acide chlorhydrique.

Une partie seulement du calcaire total est réactif : il s'agit du calcaire actif. Le calcaire actif a également été dosé grâce à l'oxalate d'ammonium. Avec le dosage du fer extractible, il permet d'élaborer un indice de pouvoir chlorosant (IPC) :

$$IPC = \frac{CaCO_3 \text{ "actif" } (\%)}{(fer \text{ extractible})^2 (ppm)} \cdot 10^4$$

L'IPC va de 0 à 280 mais il existe un danger pour la vigne au-dessus de 60. Cependant, des porte-greffes résistants ont été sélectionnés par l'INRA pour résister à des sols plus calcaires (Baize, 2018).

Le phosphore a été mesuré à l'aide de la méthode de Joret Hebert, technique utilisée pour les sols calcaires et relativement neutre. L'extraction est réalisée au moyen de l'oxalate d'ammonium. Les teneurs souhaitables sont comprises entre 80 et 120 (Karemangingo, 2012).

Les cations ont été mesurés par extraction avec de l'acétate d'ammonium. Un ratio indiquant les phénomènes d'échanges de cations sur le complexe argilo-humique, ayant des valeurs comprises entre 0,75 et 1,75 est souhaitable. Les teneurs souhaitables de potassium sont comprises entre 120 et 160. Les teneurs souhaitées de magnésium sont comprises entre 90 et 140 (Bosse-Platière, 2021). Le rapport du potassium sur le magnésium permet de mettre en évidence les liens antagonistes entre ces deux éléments, l'excès de l'un entraînant la carence de l'autre (Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation, 2017).

3.3.1.3.4. Micronutriments

Nous nous sommes appuyés sur les teneurs en micronutriments relevés par les analyses de laboratoire.

Pour le cuivre, sa teneur ne doit pas dépasser le seuil de $100 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et est normalement comprise entre 0,4 et $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

La teneur en zinc ne doit pas dépasser les $300 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et est généralement située aux alentours de 1,3 à $11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Pour le manganèse, les symptômes de carences apparaissent à des teneurs inférieures à $8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et la toxicité correspond à des valeurs supérieures à $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Arvalis, 2012).

Pour le fer, la teneur minimale est de $35 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ et est généralement comprise entre 120 et $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3.3.1.4. Indications géographiques et valorisation des productions agricoles (SIQO)

L'indicateur que nous avons choisi est le nombre de SIQO recensés par l'institut national de l'origine et de la qualité (INAO, 2012b). Nous avons étayé cet indicateur en précisant le type de produit et le type de sigle retrouvés sur la commune de Castelnau-le-Lez. L'objectif principal est donc de rendre compte de la diversité des SIQO présents sur le territoire de la commune.

3.3.2. Indicateurs des services écosystémiques

3.3.2.1. Carbone

La démarche appliquée ici consiste en une estimation des stocks de carbone des sols du Sablassou. Cette estimation a été réalisée sur la base des teneurs en carbone données par le laboratoire d'analyse de la chambre d'agriculture de l'Aude pour les huit échantillons prélevés sur l'ensemble du Sablassou (*Annexe 16*). Les calculs se basent sur la densité apparente déterminée par des relevés effectués dans la fosse pédologique du terrain de l'association Maraîchons à Sablassou.

Afin de rendre compte de la diversité des sols du Sablassou, nous avons utilisé les trois secteurs distincts par leur granulométrie dont la répartition est indiquée sur la carte plus haut afin de délimiter des zones aux teneurs en carbones supposées relativement homogènes en leur sein. La zone notée anthropisée sur la carte est occupée par d'autres activités non agricoles (principalement des zones pavillonnaires à jardin, du mitage mais aussi des infrastructures sportives, golf et terrains de tennis). Ces terrains représentent environ 40 hectares (*Annexe 1*) soit une part non négligeable des surfaces du Sablassou. Or, en réalité ces zones ne sont pas urbanisées à 100 %, ce sont même des zones principalement végétalisées et donc peu artificialisées. La proportion de bâti par rapport à la surface a été estimée grâce à des tables du code Munsell. Les surfaces urbanisées ont donc été comptabilisées au prorata de la surface qui n'est pas occupée par des bâtiments ou routes goudronnées.

$$SU_C = SU \times \frac{100 - T_B}{100}$$

Où SU_C sont les surfaces urbanisées comptabilisées, SU les surfaces urbanisées totales et T_B le taux de surface bâtie.

L'ensemble des surfaces comptabilisées correspond donc à la somme des surfaces des zones agricoles SA et des SU_C . Pour les teneurs en carbone de ces surfaces sera considérée la teneur moyenne obtenue sur l'ensemble du Sablassou.

Nous avons choisi de calculer le stock de carbone sur 30 centimètres pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les 30 premiers centimètres concentrent plus de la moitié de la réserve en carbone organique du sol (Balesdent et al., 2017). Au vu de nos moyens, se concentrer sur les premiers horizons nous permet d'obtenir l'estimation la plus fidèle possible.

Ensuite, pour les 30 premiers centimètres, la teneur en matière organique est considérée homogène. En effet, ceux-ci sont fréquemment ou occasionnellement labourés, ce qui homogénéise les taux de matière organique (Balesdent et al., 2017). Par ailleurs, nous gardons à l'esprit le risque d'urbanisation et d'artificialisation. Lors de travaux de construction, les 30 premiers centimètres sont décapés. Cela signifie qu'ils sont enlevés, exportés puis stockés. Cette "terre végétale" telle que décrite par le dictionnaire professionnel du BTP (Roy, 2011) est très riche en matière organique, donc en carbone. Elle présente le risque d'être minéralisée et de relarguer tout le carbone qu'elle contient dans l'atmosphère pendant son stockage. Enfin, les cartographies d'évaluation des stocks de carbone produites par le Gissol calculent également les stocks pour la même profondeur. Adopter le même paramètre permettra de comparer nos résultats avec les références à plus large échelle (Martin, 2019).

La densité apparente (DA) est issue d'une moyenne arithmétique de 3 échantillons prélevés dans la fosse entre 0 et 25 centimètres de profondeur à partir de cylindres de (*Annexe 8*). Pour les mêmes raisons que la teneur en matière organique, elle est supposée homogène verticalement. Nous ne disposons pas des ressources nécessaires pour déterminer la DA pour l'ensemble du Sablassou, ainsi nous avons utilisé une valeur pour l'ensemble de la zone.

Le stock total est donné par la formule suivante :

$$\sum_{i=1}^3 (DA \cdot S_i \cdot P \cdot Tmo_i) [t_C]$$

Où DA est la densité apparente. S_i est la surface d'un secteur i . P est la profondeur du sol et Tmo_i la teneur en matière organique d'un secteur i .

Cette donnée est une valeur en $[t_{CO_2}]$. Pour obtenir la valeur en $[t_{CO_2}]$, il faut utiliser la masse molaire du carbone, M_C et celle du CO_2 , M_{CO_2} suivant :

$$S_{CO_2} = \frac{S_C \cdot M_{CO_2}}{M_C} [t_{CO_2}]$$

3.3.2.2. Infiltration de l'eau : lutte contre les inondations

Un sol imperméabilisé est recouvert d'un matériau imperméable qui empêche l'infiltration de l'eau. Tous les sols artificialisés ne sont pas imperméables mais en général ils diminuent l'infiltration. Nous ne prendrons cependant en compte dans nos calculs que les surfaces imperméabilisées (bâtiments, routes...), car ce sont ceux qui perturbent le plus le cycle de l'eau (Gissol, 2011).

Ainsi :

$$Si P \geq I \Rightarrow P = I + R$$

Où P est le volume d'eau précipité en mm, I est le volume qui s'infiltre dans le sol et R le volume qui ruisselle à la surface des territoires de la Mer de l'Hérault (Direction Départementale des territoires de la Mer de l'Hérault, 2014).

Pour mesurer la capacité d'infiltration des sols du Sablassou, nous avons considéré des événements pluvieux à période de retour sur cinq ans. Or, à la station météorologique de Montpellier Bel Air (données de 1920 à 1971), l'intensité maximale moyenne de précipitations sur 24 h et de période de retour de cinq ans est de 123 mm.

On peut estimer la capacité d'infiltration grâce à un coefficient de ruissellement, qui donne la part d'eau ruisselée par rapport à celle précipitée.

$$C_r = \frac{V_r(t)}{V_p(t)}$$

Où $V_r(t)$ est le volume ruisselé à un instant t et $V_p(t)$ le volume précipité à un instant t .

Il a donc une définition instantanée car il varie dans le temps. Ainsi, il augmente progressivement au cours d'une averse, en même temps que la saturation du sol en eau augmente.

Un autre coefficient est intéressant dans le cadre d'un sol avec un projet d'artificialisation : le coefficient d'imperméabilisation, exprimé comme suit :

$$C_{imp} = \frac{S_I}{S_T}$$

Où S_I correspond aux surfaces imperméabilisées et S_T aux surfaces totales.

Pour mesurer la surface déjà imperméabilisée sur la zone d'étude, nous avons cartographié les zones non agricoles (bâtiments, jardins, chemins...). Nous avons appliqué un coefficient de 10 % sur ces surfaces pour déterminer la surface réellement imperméable. Ce coefficient vient d'une estimation visuelle depuis des photographies aériennes sur la base de l'estimation de la pierrosité du code Munsel.

Un des objectifs affiché du PLUi est d'avoir au minimum 50 % d'espaces perméables dans les projets d'urbanisation (Montpellier Méditerranée Métropole, 2021). Nous avons donc utilisé un coefficient d'imperméabilisation de 50 % dans le cadre d'un projet d'aménagement du Sablassou.

Pour les précipitations les moins intenses, qui sont les plus fréquentes, c'est-à-dire en dessous de 100 mm par 24 h, le coefficient de ruissellement est égal au coefficient d'imperméabilisation car toute l'eau arrivant sur une surface naturelle s'infiltre (Direction Départementale des territoire de la Mer de l'Hérault, 2014). L'intérêt du calcul des quantités ruisselées dans ce cadre paraît peu judicieux car elles ne dépendent pas du sol. En effet, elles sont uniquement proportionnelles à la surface artificialisée, quel que soit l'emplacement du projet.

Pour modéliser des événements pluvieux d'occurrence plus faible, donc plus intenses que 100 mm par jour, nous pouvons utiliser la formule suivante (Astier et al. 1993) :

$$C_r = 0,8 \times \left(1 - \frac{P_0}{P_j(T)}\right)$$

Avec $P_j(T)$ le volume de précipitation journalier pour une occurrence donnée T et P_0 le seuil de rétention initial, qui dépend de la pente, de la texture du sol et du couvert végétal (Direction Départementale des territoire de la Mer de l'Hérault, 2014). P_0 va de 90 mm pour une forêt avec un sol sableux avec une pente inférieure à 5 % jusqu'à 0 mm pour une culture avec un sol argileux compact et une pente supérieure à 10 %.

Pour les calculs, nous avons utilisé les valeurs de P_0 qui correspondent aux zones cultivées. Nous avons appliqué ces coefficients de rétention pour les différentes zones de texture trouvées puis nous avons estimé la quantité d'eau ruisselée pour un événement pluvieux grâce à la formule suivante :

$$R = S_T \times \left(\frac{P_j}{1000}\right) \times (C_{imp} + C_r \times (1 - C_{imp}))$$

Où R est le ruissellement en m^3 , S_T la surface totale en m^2 , P_j les précipitations journalières en mm , C_{imp} est le coefficient d'imperméabilisation et C_r le coefficient de ruissellement.

3.3.2.3. Limitation des îlots de chaleur urbains : micro-climat

Pour montrer la différence entre espaces agricoles et urbanisés, notre approche se base sur la mise en évidence des mécanismes de régulation thermique par différents modes de couverture du sol et la présentation de leurs impacts sur le microclimat (Hassani & Drogue, 2020). Nous n'avons pas évalué quantitativement l'effet d'une urbanisation sur les ICU dans la zone du Sablassou.

4. LE SABLASSOU, UN TERRITOIRE AU FORT POTENTIEL AGRONOMIQUE

4.0. Le Sablassou, un sol qui porte bien son nom

D'après les analyses granulométriques, de fortes disparités de texture existent entre les sites analysés. En effet, les trois premiers échantillons (A, B, C) sont majoritairement sableux (> 55 % sable). En allant vers l'est du territoire, les points de prélèvement ont montré une teneur en limon plus élevée (> 35 %). Le pourcentage d'argile le plus élevée a été observé sur l'échantillon H (> 25 % d'argile). L'échantillon de l'herbier du Sablassou a une texture proche des points B et C. En combinant ces informations avec celles des estimations tactiles, trois classes texturales se distinguent sur le triangle de texture GEPPA (Figure 6). Ces classes permettent d'obtenir une carte de classes texturales (Figure 7).

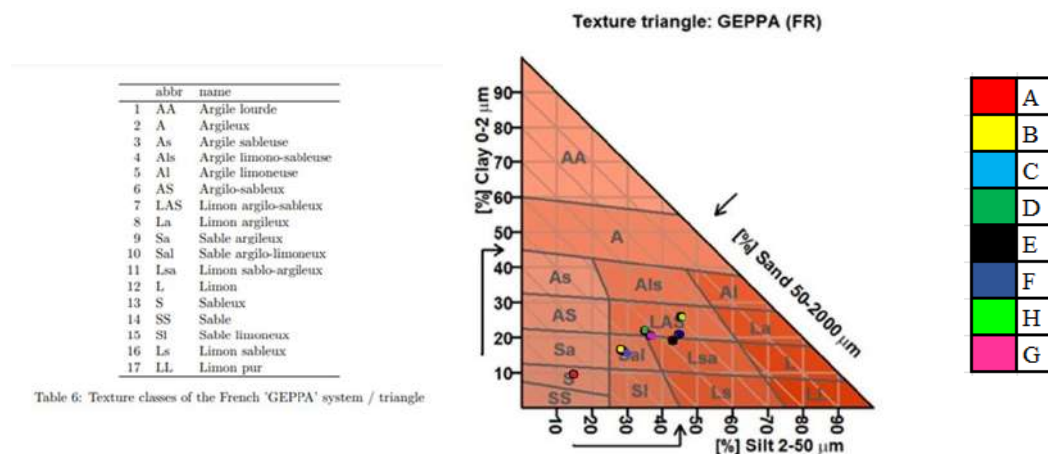


Figure 6 : Répartition de la texture pour les huit échantillons analysés en laboratoire

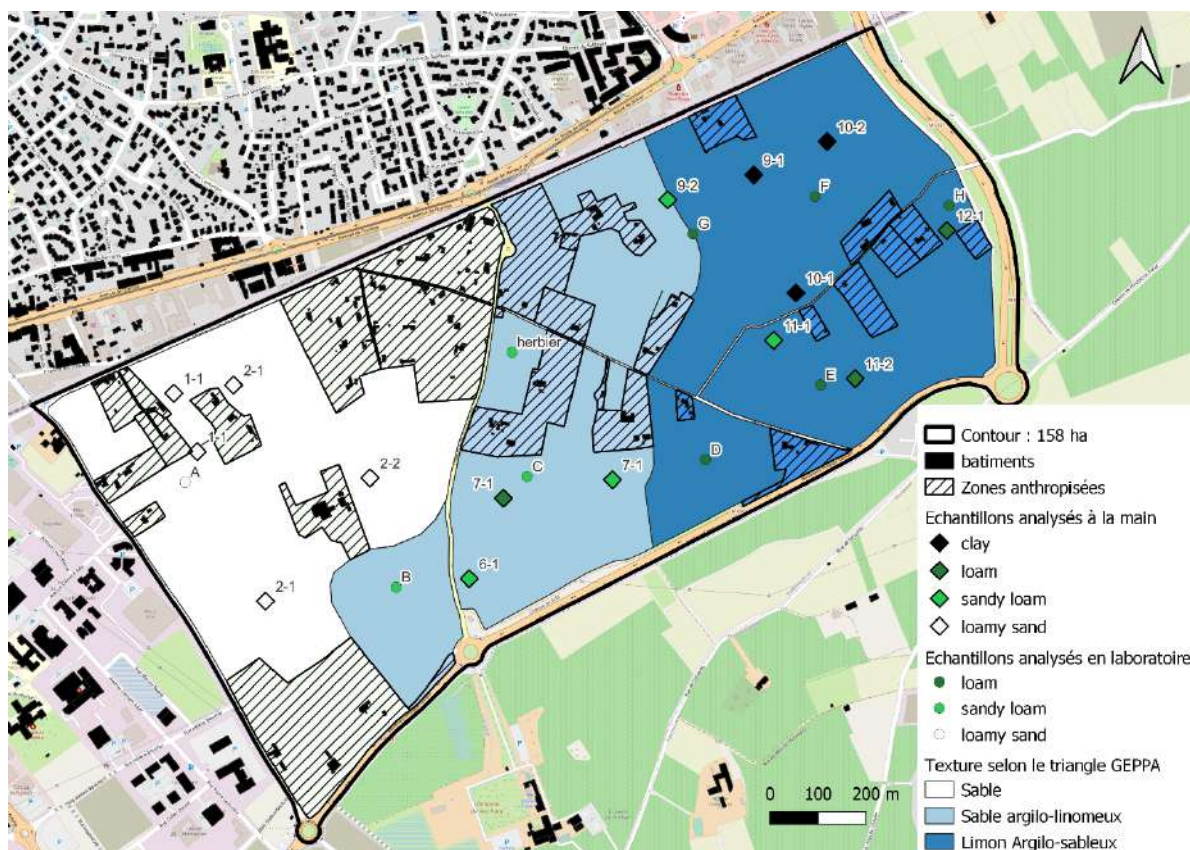


Figure 7 : Carte des zones de classe texturale du Sablassou (Castelnau-le-Lez) réalisée avec QGIS
3.24 - source : personnelle

Ainsi, le Sablassou porte bien son nom car ce territoire est principalement sableux. Les sols sableux ont l'avantage d'être plus drainants, ce qui limite le risque d'engorgement (risque d'asphyxie des racines). Leur texture leur confère une bonne aération et une facilité de travail mais une capacité à retenir l'eau et les éléments nutritifs plus faibles, comme nous le verrons plus loin. Comme nous le voyons sur la carte, plus nous allons vers l'Est du territoire et moins la texture est sableuse, au profit des limons et argiles. De ces différences de textures dépendent des propriétés différentes, comme nous allons le voir dans les autres résultats.

4.1. Un territoire sans contraintes pour l'activité agricole

4.1.1. Des terrains sans fortes pentes

Sablassou se présente comme une zone plate, sans relief marqué. En effet, aucune pente naturelle n'est supérieure à 4 % (*Annexe 17*). Les pentes les plus importantes (45 % ; 115 % ; 69 % ; 45 %) visibles sur les profils altimétriques représentent des fossés non-cultivés et ne sont donc pas prises en compte dans les résultats. Nous pouvons donc conclure que la topographie de Sablassou ne présente aucun frein à la mise en place d'une agriculture mécanisée ou non.

4.1.2. Un enracinement facilité par des sols profonds

Les sols du Sablassou sont profonds. L'échantillonnage à la tarière a permis de constater une profondeur supérieure à 60 cm pour l'intégralité des emplacements tandis que la fosse pédologique atteste d'une profondeur supérieure à 120 cm. Géologiquement, la présence de matériaux solides calcaires est attestée à 179 m de profondeur par un sondage au Mas-de-Rochet. En extrapolant, nous pouvons supposer que ces calcaires jurassiques sont à 350 m de profondeur sous la zone du Clôt de l'Armet (Nguyen & Philippe, 2011). Cette absence d'obstacle physique solide à l'enracinement s'explique par un matériau parental meuble, constitué de dépôts sédimentaires. Ainsi, nous pouvons considérer que la totalité des sols du Sablassou sont très profonds, soit plus de 100 cm de profondeur (Gissol, 2011) (*Annexe 18*).

La capacité d'une plante à développer ses racines en profondeur est primordiale pour la mise en place d'une culture. C'est pourquoi la profondeur des sols du Sablassou est favorable à l'agriculture. Ce paramètre prend toute son importance pour des cultures à l'enracinement profond comme la vigne. L'existence historique de la viticulture dans la zone est donc tout à fait cohérente. Les grandes cultures, comme le blé, dont les racines peuvent dépasser 1 m de profondeur (jusqu'à 2 m) sont, elles aussi, favorisées par des sols profonds.

4.1.3. Des sols non salins

Les valeurs de conductivité mesurées dans les quinze échantillons répartis aléatoirement dans le Sablassou sont toutes comprises entre 76 et 384 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Or, les stress hydrique et ionique causés par la salinité des sols apparaissent lorsque la conductivité est supérieure à 4000 $\mu S \cdot cm^{-1}$. Nous sommes donc bien en dessous de la valeur seuil, et nous pouvons donc affirmer que la salinité n'est pas une limite à l'établissement de cultures d'intérêt agronomique dans toute la zone du Sablassou.

4.1.4. Des sols non battants

Aucun des échantillons analysés n'a un indice de battance supérieur à 1,4 (*Annexe 19*) donc aucun des sols analysés n'est battant (Schvartz et al., 2005). Nous pouvons donc considérer que l'ensemble de la zone du Sablassou n'est pas soumis au phénomène de battance. En effet, ces sols n'ont pas des taux de limons très élevés et ont des taux de matière organique qui favorisent une stabilité structurale. Ainsi, les sols du Sablassou, même labourés, ne seront donc pas soumis à la formation d'une croûte de battance superficielle, ce qui est une contrainte que l'on peut fréquemment rencontrer en agriculture, qui peut limiter l'infiltration de l'eau et la levée des cultures.

4.2. Un territoire peu vulnérable face à la sécheresse

4.2.1. Le sol, un potentiel réservoir en eau satisfaisant pour les plantes

L'ensemble des sols du Sablassou ont des valeurs de réservoir utilisable maximal (RUM) qui dépassent les 100 mm d'eau retenue et disponible pour les plantes sur un mètre de profondeur. Ces valeurs montent jusqu'à 165 mm/m (*Annexe 14*) et délimitent 4 zones de RUM (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Les valeurs de RUM les plus élevées correspondent aux zones contenant plus de limons et surtout d'argiles. A l'inverse, plus il y a de sables et

d'éléments grossiers et plus le RUM est faible. À l'échelle des terres agricoles de France métropolitaine, ces valeurs de RUM sont moyennes mais à l'échelle du Sud de la France elles sont satisfaisantes, favorables à l'activité agricole. En effet, en Languedoc Roussillon, les RUM inférieures à 100 mm sont majoritaires (*Annexe 20*).

Il convient de prendre ces valeurs avec précaution, elles reposent sur des estimations à partir de peu de sites d'étude. Elles ont vocation à fournir des ordres de grandeur. La RUM est un indicateur synthétique, qui permet de rendre compte d'autres facteurs limitant la production agricole comme la compaction, la profondeur des sols ou le taux d'éléments grossiers. Un des paramètres qui fait le plus varier le réservoir utilisable maximal en eau du sol est la profondeur des sols. Or, elle n'a pas été prise évaluée précisément dans cette étude. Cependant, comme indiqué plus haut, nous estimons que la profondeur des sols n'est pas limitante (> 1 m) dans le Sablassou. Cependant, malgré un RUM satisfaisant pour la région, l'irrigation reste nécessaire.

4.2.2. Des terres irrigables sans épuiser les ressources locales

Les parcelles agricoles du Sablassou sont toutes situées à moins de 200 m du réseau hydraulique régional (RHR) du BRL (Bas Rhône Languedoc) (Figure 8). Elles sont donc toutes irrigables.

Ce réseau permet une sécurisation de l'accès à l'eau pour les producteurs. En effet, l'eau est acheminée depuis le Rhône par un canal à n'importe quelle période de l'année. En période de sécheresse, les cultures peuvent être irriguées sans restriction (sauf exception), ce qui est nécessaire pour assurer les rendements en région méditerranéenne. Ce réseau permet de limiter le prélèvement sur les ressources hydrique locales. Historiquement, cette ressource fiable en eau a permis la diversification maraîchère et horticole du département de l'Hérault.

Rappelons la présence d'un aquifère sous le Sablassou, traditionnellement utilisé pour l'agriculture. Il n'a pas fait l'objet d'une étude donc il n'est pas possible de quantifier son potentiel d'irrigation.

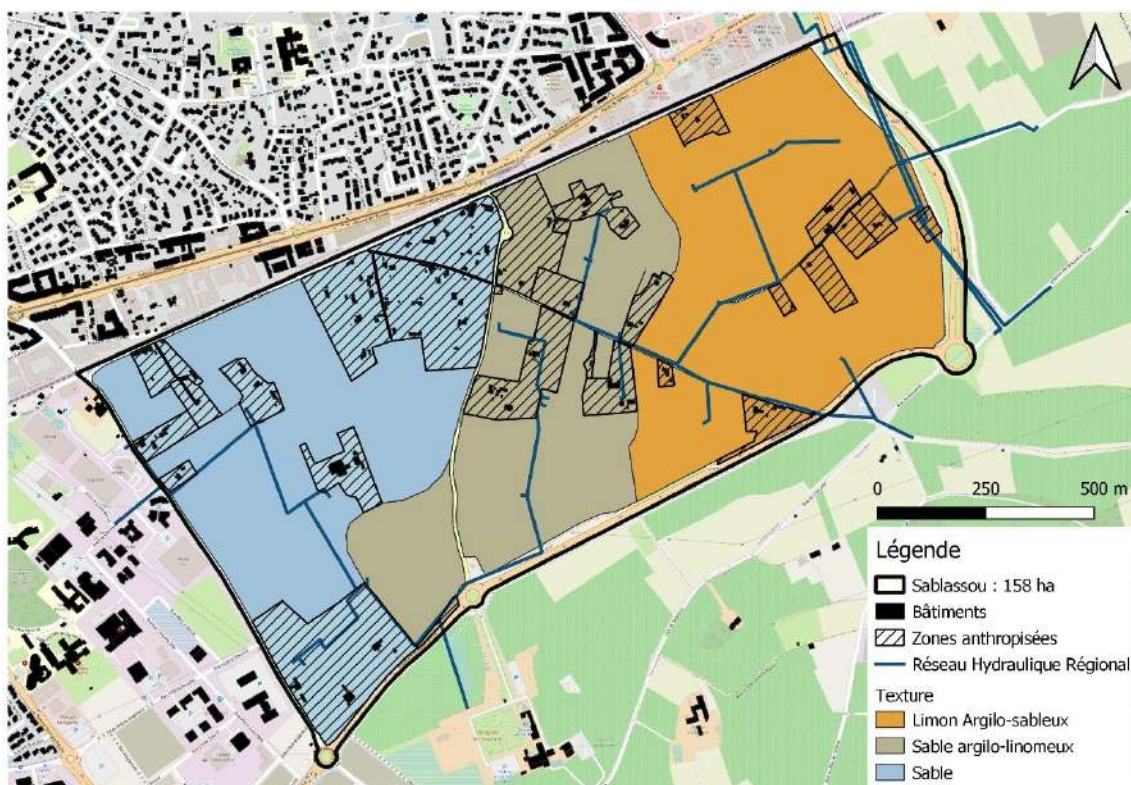


Figure 8 : Carte des zones de la disponibilité en eau du Sablassou (Castelnau-le-Lez) réalisée avec QGIS 3.24 - source : personnelle

4.3. Des sols calcaires, fonctionnels quant à la nutrition des plantes

4.3.0. Des sols calcaires

Le taux de calcaire total des sols du Sablassou va de 3,6 % à 27,3 % pour nos échantillons. Le Sablassou est composé de sols calcaires mais à des niveaux différents.

La teneur en calcaire total du Sablassou est cohérente entre les estimations de la première phase (effervescence à l'HCl) et les valeurs chiffrées issues des analyses de laboratoire de la deuxième phase. Ainsi, une zone à plus de 20 % de calcaire se trouve au Sud-Est de la zone d'étude. L'est de la zone, plus sableux et plat, est quant à lui moins calcaire, avec moins de 10 % de calcaire total. Notons que l'effervescence au HCl ne se retrouve pas sur toutes les fractions granulométriques : les éléments grossiers, petits et peu nombreux dans l'est et beaucoup plus gros et nombreux dans l'ouest, sont de nature calcaire (très effervescents).

Cette propriété des sols du Sablassou, très commune dans la région, conditionne de nombreux autres indicateurs, comme nous allons le voir : le pH, qui aura tendance à être élevé, une surabondance de l'ion Ca^{2+} , une saturation du complexe d'échange cationique, etc.

Le dosage du calcaire actif a permis de calculer un Indice de Pouvoir Chlorosant (*Annexe 15*). Tous les échantillons ont un IPC < 60, ce qui est le seuil de danger pour la vigne (Baize, 2018). Il ne semble donc pas avoir de problème de chlorose ferrique sur les sols du Sablassou. Cependant, les analyses ont été réalisées pour les premiers 20 cm du sol, donc des analyses

plus profondes seraient nécessaires pour tirer des conclusions agronomiques, comme le choix d'un porte-greffe pour la vigne, par exemple.

4.3.1. Un gradient de pH pour des sols globalement basiques

Les résultats du laboratoire mettent en avant trois catégories de valeurs pH. La première catégorie est constituée des échantillons D, E, F, G et H qui ont un pH eau très alcalin compris entre 8,3 et 8,5. Deux échantillons A et B ont des pH eau de 7,5 et 7,3. Enfin l'échantillon C forme une dernière catégorie avec un pH de 6,3 (Figure 10). Ces données sont cohérentes avec celles de la première phase d'échantillonnage.

Hormis l'échantillon C, nous remarquons donc un gradient de pH qui de plus en plus basique de l'ouest à l'est de la zone du Sablassou. Ce gradient suit celui du calcaire total, ce qui était attendu.

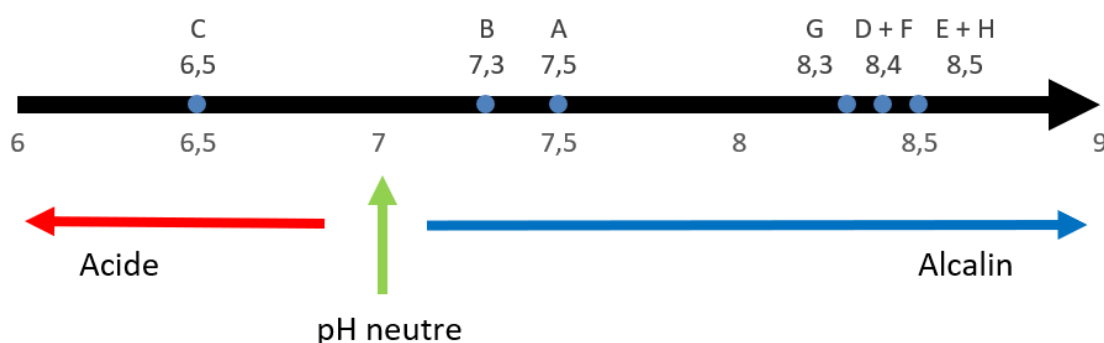


Figure 10 : Répartition des échantillons sur une échelle de pH réalisée avec Excel - source : personnelle

Globalement la zone présente des pH très alcalins. Même si la solubilité des éléments minéraux n'est pas optimisée, cela n'empêche pas la mise en culture de ces terres. Par exemple, la vigne, par exemple, tolère des pH entre 4,5 et 8,5 et peut donc être cultivée dans l'ensemble du Sablassou (Huglin & Schneider, 1998). Cela dit, toutes les plantes exceptées les graminées évoluant sur des sols dont le pH est au-delà de 7 sont davantage sujettes à la chlorose ferrique (Michaud, 2007), par conséquent, les sols du Sablassou représente une contrainte technique qui impose des choix de variétés ou portes greffes moins sensibles.

De plus, des symptômes de carences pourront être observés pour différents minéraux comme le manganèse par exemple. Il faudra donc porter une attention particulière à la fertilisation minérale des cultures. Ces sols alcalins présentent néanmoins, l'avantage d'offrir des conditions de vie favorables à la vie microbienne du sol ce qui joue un rôle déterminant en fournissant des substances essentielles aux plantes (hormones, acide organique, enzymes...) (Aurea Agrosociences, 2017a). En effet, la biomasse microbienne augmente avec le pH du sol. Enfin, au vu des seuils définis dans *matériel et méthodes*, aucun risque de toxicité aluminique n'est détecté dans le Sablassou puisque tous les pH mesurés sont supérieurs à 5,5.

4.3.2. Des taux satisfaisants de matière organique

A Sablassou, un seul échantillon (H) est en dehors de cet intervalle. Il présente une teneur particulièrement basse de 1,4 %. Cette teneur peut néanmoins être corrigée par des apports. Tous les autres échantillons présentent un taux de matière organique compris entre 2,1 % et 3,2 %. Les sols analysés ont donc un stock de matière organique favorable pour la culture. De plus, une teneur satisfaisante en matière organique contribue à l'amélioration de la structure du sol. En effet, des teneurs satisfaisantes permettent de limiter les effets du tassement et de l'érosion ainsi que d'augmenter l'aération et la perméabilité du sol (Chambre d'agriculture Occitanie, 2011).

4.3.3. La CEC : une fertilité potentielle variable

Pour rappel, la capacité d'échange cationique (CEC) est un indicateur de la fertilité chimique du sol.

Cet indicateur est compris entre 9,1 et 16,1 $cmol^+ \cdot kg^{-1}$ pour les huit échantillons (Figure 11).

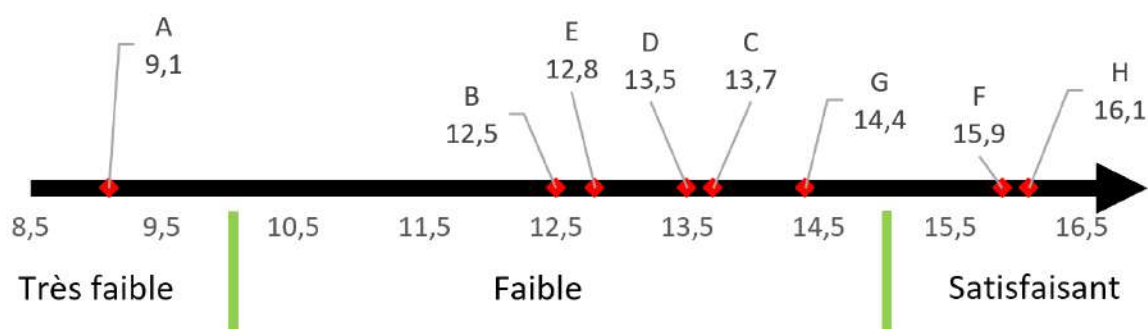


Figure 11 : Répartition des échantillons sur une échelle de CEC réalisée avec Excel - source : personnelle

Néanmoins, cinq des huit échantillons, B, C, D, E et G sont centrés autour 13,4 $cmol^+ \cdot kg^{-1}$, ce qui représente un réservoir potentiel de nutriments disponibles pour les plantes moyen (Chambre d'agriculture de la Drome, 2015). Deux autres groupes peuvent être mis en avant. L'échantillon sableux A qui, à cause de sa faible teneur en matière organique et en argile, présente une CEC très faible de 9,1. Il possède ainsi une moindre capacité à retenir les éléments nutritifs assimilables par les végétaux. Enfin, les échantillons F et H, au nord-est de Sablassou, dont les valeurs proches de 16 $cmol^+ \cdot kg^{-1}$. Ces derniers se différencient des autres respectivement, par leur teneur en matière organique et en argile élevée. Ce réservoir potentiel de fixation plus élevé leur confère donc une plus grande fertilité (Interbio Franche-comté, 2012). Le détail des résultats est indiqué dans l'*Annexe 16*.

Notons que la CEC a été mesurée par la méthode Metson, c'est-à-dire à un pH de 7. La CEC varie selon le pH. Par conséquent, il est possible que la CEC effective des zones plus basiques soient plus importante que celle à pH 7. Pour aller plus loin, il conviendrait de quantifier les charges variables des argiles et de la matière organique pour ces zones.

Les zones les plus argileuses, au Nord-Est du Sablassou ont la plus grande fertilité potentielle. Cependant, la CEC ne renseigne pas sur la présence effective de nutriments dans les sols.

4.3.4. Un complexe d'échange saturé par le calcium

Au sein des sols du Sablassou, tous les échantillons analysés sont saturés en calcium sauf l'échantillon C, où le taux reste cependant élevé. Ainsi, sur la CEC, Ca^{2+} domine largement, ce qui est attendu dans un sol calcaire. Nous pouvons ainsi qualifier les sols du Sablassou de calciques. L'excès de calcium dans le sol entraîne une diminution de la fixation d'autres cations sur le complexe absorbant tels que le potassium, le magnésium, le zinc, le manganèse et le fer par effet antagoniste.

Potassium

Les valeurs de potassium les plus hautes concernent les échantillons C et D. Le rapport du potassium échangeable sur la CEC varie fortement entre les échantillons, de 2,3 à 9,5 %. Les valeurs du rapport du potassium sur le magnésium sont comprises dans l'intervalle souhaitable de [0,75 - 1,75] sauf pour deux sols analysés (C et D, respectivement : 2,22 et 2,70).

Ces résultats font état d'un historique agricole de fertilisation potassique, mais ne renseignent pas vraiment sur le potentiel agricole. En effet, l'excès de potasse de certains échantillons est sûrement le résultat d'un passé cultural ayant soumis le sol à des apports élevés d'engrais organique ou minéral riche en cet élément (Baize, 2018).

Le rapport du potassium sur le magnésium permet de déterminer si un excès de potassium engendre un risque de carence en magnésium pour la plante, même si cet élément est en quantité suffisante dans le sol. Ce rapport indique que les échantillons C et D ont des proportions excessives de potassium. Cela peut limiter l'absorption du magnésium dans le sol par un effet de compétition ionique et sa présence dans le sol par un mécanisme d'appauvrissement du complexe par déplacement d'ions l'exposant au lessivage (Pistocchi, 2022; Xie et al., 2021).

Magnésium

De la même manière, de hautes teneurs en magnésium sont susceptibles de provoquer une carence en potassium et de bloquer l'absorption du manganèse sur le complexe argilo-humique (AgriChaux, 2000). Nous constatons, effectivement, que les échantillons F et H ayant un taux élevé de magnésium présentent une teneur en potassium et en manganèse plus faibles que les autres échantillons. De manière générale, la teneur en magnésium est corrélée à la CEC. L'échantillon A, possédant de faible quantité de magnésium possède une valeur de CEC moins élevée et inversement pour l'échantillon F. Les hautes teneurs en magnésium peuvent également s'expliquer par un historique cultural ayant imposé une application excessive d'engrais de ferme ou minéraux, riche en cet élément (Chambre d'agriculture Saône-et-Loire, 2021).

Sodium

Les pourcentages d'ions sodium sur le complexe argilo-humique sont tous en dessous de 5 %, cette situation n'est donc pas préoccupante. Cela confirme que la salinité n'est pas un problème dans la zone, comme nous l'avait indiqué la conductivité.

Phosphore

Le phosphore est présent en excès pour tous les points du Sablassou sauf le H (Figure 5). L'excès de phosphore, même s'il n'est pas toxique pour les plantes, peut être la conséquence à long terme, d'un passé cultural intensif ayant impliqué des apports importants d'engrais phosphatés. De plus, sa concentration élevée réduit l'assimilation du zinc et du fer, deux éléments dont les teneurs sont de surcroît très faibles dans tous les échantillons analysés (Karemangingo, 2012). Par ailleurs, le phosphate peut se lier au calcium, très présent, pour donner du phosphate de calcium, rendant le phosphate indisponible pour les plantes (Aurea Agrosociences, 2017a).

4.3.5. Des micronutriments aux teneurs variables

Nous observons que les sols plus alcalins, c'est-à-dire les échantillons E, F et H (Figure 5) ont des teneurs plus faibles en fer, en manganèse et en zinc que les autres. En effet, il existe une relation directe entre le pH et la solubilité de ces micronutriments, car la solubilité du fer, du manganèse et du zinc est minimale à des pH supérieurs à 6 et est fortement impactée par l'excès de cuivre (Aurea Agrosociences, 2017b). Cela peut également être expliqué par leur texture limoneuse, moins sableuse et plus riche en argile (> 25 % d'argile) ainsi que par le taux de calcaire actif plus important. Enfin, cette déficience en fer observée sur les échantillons basiques, peut aussi être provoquée par un sol riche en matière organique, peu drainant et compact ainsi que par un excès de phosphore.

Tous nos échantillons présentent un excès de cuivre. Cet élément peut prendre la place d'autres cations sur la CEC ou les rendre indisponibles pour les plantes en formant des complexes. Cet excès peut se manifester sur la plante par la présence de symptômes de carence (chlorose, retard de croissance...) et en particulier, en fer, en zinc et en manganèse qui ont une migration plus lente dans la plante. Cependant, en condition calcaire, le cuivre s'associe aux argiles et aux carbonates, ainsi, sa toxicité est limitée par le pouvoir tampon de ces deux éléments. En milieu plus acide, la solubilisation du cuivre augmente sa mobilité et ainsi, le risque d'un excès dans le sol. Les excès de cuivre peuvent être dus à un passé cultural lié à une application de produits phytosanitaires riches en cuivre tels que la bouillie bordelaise sur d'anciennes vignes (Arvalis, 2012).

Les carences en manganèse sont principalement observées sur des sols très aérés, riches en matière organique avec un pH supérieur à 7 tels que le sol F. En effet, son absorption est limitée à cause de sa transformation en oxyde insoluble dans ces conditions basiques. L'excès de manganèse concerne les sols à texture sableuse légèrement acides tels que le sol A, B et C où sa toxicité est en partie provoquée par une augmentation de sa solubilité dans ces conditions. Ainsi, les ions sont plus facilement absorbés et présents dans la solution du sol (ARVALIS, 2013). Le manganèse, en excès ou en quantité insuffisante, limite la croissance des plantes. Il rentre dans la composition de certaines enzymes intervenant dans la photosynthèse, la respiration et l'assimilation de l'azote.

La carence en zinc est principalement expliquée par l'excès de phosphore dans le sol. Les sols sableux, calcaires tels que l'échantillon E, ou argilo calcaires avec un déficit en matière organique comme le sol H sont également davantage sujets à des carences en cet élément (Gerbeaud, s. d.-a). Le zinc intervenant dans la synthèse de l'hormone de croissance

appelée auxine, est essentiel à l'élongation des plantes. Il joue également un rôle dans la synthèse de la chlorophylle ainsi que dans le processus de conversion de l'amidon en sucre. La carence entraîne donc un raccourcissement de la plante ainsi qu'un retard de maturité (Charlier, 2011).

4.3.6. Sous-zonage selon les caractéristiques chimiques et physiques du sol

Au vu de cette analyse, nous pouvons rassembler les huit zones où les prélèvements ont été effectués, en quatre sous-zone caractérisées par des propriétés physiques, chimiques et biologiques particulières (Figure 12). Bien entendu, la décision de réaliser des cultures maraîchères, céréalières ou des vignes est possible sur l'ensemble de la parcelle d'étude car les paramètres sont modulables à l'aide d'apports externes.

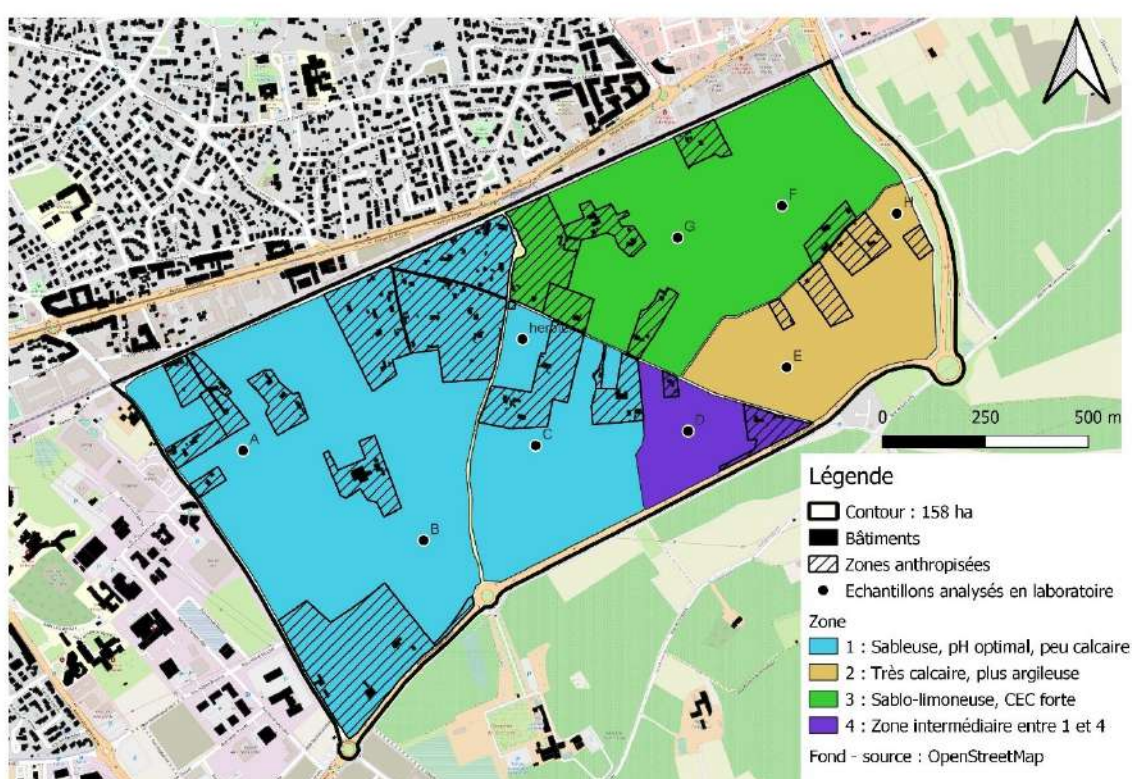


Figure 12 : Carte du zonage selon les caractéristiques chimiques et physiques du sol réalisé avec QGIS 3.24 - source personnelle

La sous-zone 1 correspondant aux échantillons A, B et C est de texture davantage sableuse avec une faible CEC. C'est un sol plus acide avec des teneurs plus élevées en manganèse, en zinc ainsi qu'en fer. Cette zone, ayant un pH entre 5,5 et 7, est favorable à une grande diversité de culture, notamment celles qui sont déjà faites au sein du Sablassou, à Castelnau-le-Lez tels que les asperges ou la fraise (Gerbeaud, s. d.-b). Avec une quantité de fer plus importante, un faible indice de pouvoir chlorosant et une texture sablo-limoneuse, les conditions sont idéales et ce, d'autant plus, pour la zone C, présentant davantage de potassium, d'azote et de matière organique. La quantité moins élevée de calcaire et les hautes teneurs en manganèse sont favorables aux cultures de céréales très sensibles aux carences de cet élément (Chambre d'agriculture de Bretagne, 2020).

La sous-zone 4, constituée de l'échantillon D est un intermédiaire entre la zone 1 et la zone 3. Il s'agit d'un sol davantage argileux avec un pH de 8,4. Le taux de matière organique, de magnésium, de zinc et d'azote est très bas. Cependant, les teneurs en potassium sont plus importantes en comparaison avec les autres sous-zones.

La sous-zone 3 composée des échantillons F et G est de texture majoritairement limoneuse avec un taux de calcaire et des teneurs en manganèse ainsi qu'en potassium plus faibles que les autres zones. La CEC ainsi que les teneurs en sodium, en phosphate et en cuivre sont plus importantes.

La sous-zone 2 composée des échantillons E et H est limoneuse. C'est un sol calcaire avec un pH élevé et des teneurs en phosphore, en potassium, en azote et en micronutriments moins élevées que sur les autres zones. Le milieu nutritionnel moins riche, un pourcentage d'argile de moins de 25 %, un taux de calcaire élevé ainsi qu'une texture limoneuse sont des facteurs favorables aux vignes. Le pH étant particulièrement élevé et le sol étant calcaire, ces conditions pourraient convenir à la culture de plantes de la famille des crucifères tels que celle du chou à condition de l'enrichir en éléments minéraux (Renault, 2013).

Ainsi, nous pouvons conclure, en affirmant que les sols du Sablassou présentent de nombreux avantages. D'une part, nous avons une diversité de textures permettant d'adapter et de cibler les types de cultures les mieux adaptés sur chacune des zones. Aucune carence en phosphore, ni en magnésium, ni en potassium, n'a été relevée pour de nos échantillons. Tous les sols présentent cependant un excès de cuivre, plus facilement fixé sur le complexe d'échange en pH élevé et probablement provoqué par un passé cultural viticole.

4.4. Un terroir favorable à la valorisation des productions

La commune de Castelnau-le-Lez accueille plusieurs Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine. Ces SIQO recensées par l'INAO sont au nombre de 141 (*Annexe 21*). Répartis en 4 AOP, 22 IGP et 2 IG, ces SIQO comprennent majoritairement des vins (1 AOP et 21 IGP) mais aussi d'autres productions comme les trois AOP : huile d'olive du Languedoc, taureau de Camargue et les olives Lucques du Languedoc, deux indications géographiques : Eau-de-vie de vin du Languedoc et Eau-de-vie de marc du Languedoc ainsi qu'une IGP de volailles du Languedoc.

Le Sablassou est un lieu de production viticole important. La diversité des SIQO viticoles présentes sur le site est un atout dans la valorisation des productions agricoles du Sablassou tout comme la présence d'espaces oléicoles. Si, au vu des faibles surfaces disponibles et du coût du foncier avoisinant les 16 000 € par hectare (Safer, 2022), il semble peu probable de voir se développer une exploitation d'élevage de taureaux Camargue, un élevage de volailles du Languedoc IGP pourrait raisonnablement voir le jour au sein de la zone.

4.5. Bilan

Au vu des résultats précédents, nous pouvons conclure que les sols du Sablassou ont un fort potentiel agronomique. En effet, ils ne présentent pas de contrainte majeure à l'activité agricole ; ils sont profonds, ce qui est positif entre autres pour la viticulture ; ils sont intégralement irrigables, ce qui nécessaire pour de nombreuses cultures dont le maraîchage ;

leur composition est globalement favorable à la nutrition des plantes et enfin, il existe de nombreux labels qui facilitent la valorisation des produits agricoles. Ces sols ont des propriétés diverses, ce qui nous a permis de les classer en zones () qui pourront accueillir différentes cultures.

Des écosystèmes riches et uniques peuvent se développer dans des milieux au faible potentiel agronomique : dans des milieux salins, sur de fortes pentes, dans des milieux carencés ou des sols très peu profonds. Cependant, la production de nourriture par les hommes demande des conditions spécifiques qui sont réunies sur le territoire du Sablassou. Il s'agit donc d'un service d'approvisionnement que fournit cet écosystème agricole à l'humanité. Cela amène à la notion de services écosystémiques.

5. UN SOL AUX MULTIPLES SERVICES DE RÉGULATION ÉCOSYSTÉMIQUES

En plus des services d’approvisionnement en nourriture ou matériaux, les sols fournissent de nombreux services aux sociétés humaines (Bispo et al., 2016). Ils fournissent aussi des services culturels (esthétiques, éducatifs, récréatifs...) mais cet aspect n’a pas été traité lors de cette étude.

Nous nous sommes intéressés à la troisième catégorie de services écosystémiques, qui sont les services de régulation. Trois sont traités dans ce rapport : le stockage de carbone dans les sols et donc la capacité des sols à réguler le climat ; l’infiltration de l’eau dans les sols qui limite les risques d’inondation lors d’évènements pluvieux importants et la capacité d’un sol végétalisé à rafraîchir les villes. Nous aurions également pu parler de qualité des eaux et de l’air, de régulation des maladies ; mais ces thèmes ne seront pas traités.

5.1. Un sol qui régule le climat : stockage de carbone

La zone d’étude du Sablassou stocke $51 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ de carbone (*Annexe 22*). La variation interne au sein du Sablassou est relativement faible. Elle est comprise entre 46 et 62 tonnes par hectare (Figure 13).

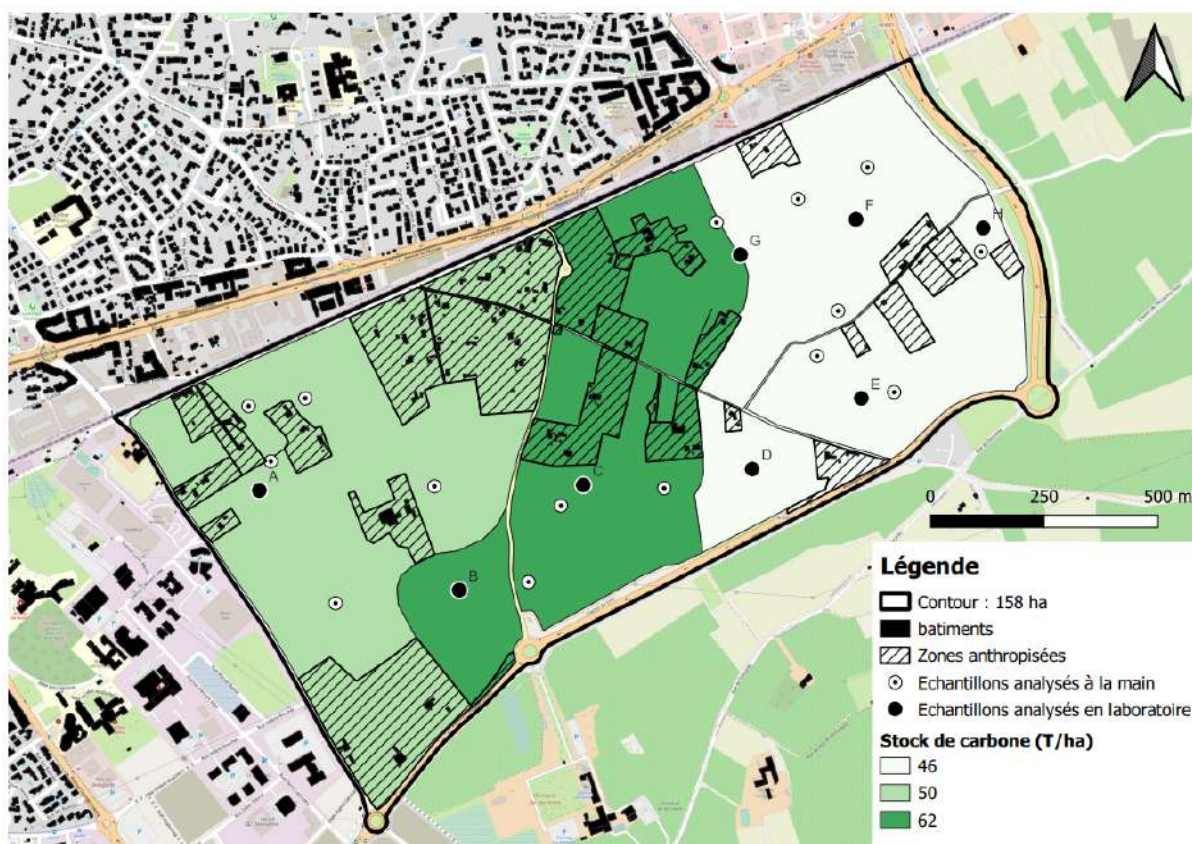


Figure 13 : Carte de la répartition du carbone réalisée avec QGIS 3.24 - source : personnelle

L'analyse statistique des données ne permet pas d'identifier une hétérogénéité des stocks de carbone au sein du Sablassou à partir des échantillons étudiés (Figure 14).

Le faible nombre d'échantillons limite la capacité à établir des différences significatives entre les lieux de prélèvement. Par ailleurs, le choix d'échantillonner principalement des parcelles de vignes à l'inter-rang permet probablement d'expliquer l'homogénéité d'un grand nombre de parcelles pour la teneur en carbone organique. En reconsidérant la zone du Sablassou comme homogène pour la teneur en carbone, nous obtenons un stock de 5134 tonnes de carbone organique pour les surfaces non anthropisées, comparée à la valeur trouvée avec découpage en trois zones, ce n'est pas très éloigné. Étant donné les approximations réalisées dans le calcul des stocks de carbone nous pouvons poser un stock estimé de $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pour l'ensemble de la zone du Sablassou.

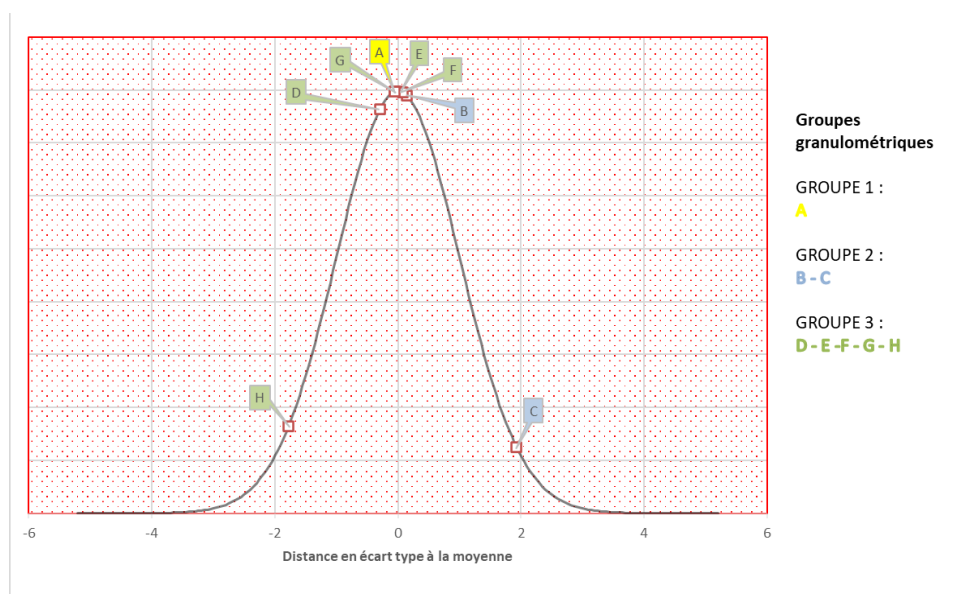


Figure 14 : Répartition des échantillons (centrés réduits) sur une loi normale de paramètres (0;1) pour la teneur en carbone - source : personnelle

Si nous comparons les données obtenues à la cartographie de plus faible résolution réalisée par le Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (Martin, 2019), le Sablassou apparaît comme une zone contenant légèrement plus de carbone que ses alentours. En effet pour la zone entourant Montpellier, les valeurs de référence se trouvent entre 40 et $50 \text{ tC} \cdot \text{ha}^{-1}$ de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol.

Si la comparaison avec les données obtenues par le GISSOL conforte les valeurs obtenues, il reste néanmoins des facteurs d'imprécision et des limites à l'approximation que nous avons réalisée.

Tout d'abord, notre approche ne rend pas compte de la potentielle variabilité de la répartition du carbone dans les premiers centimètres. En effet, l'hypothèse selon laquelle les stocks de carbones ne varient pas sur les 30 premiers centimètres n'a pas été vérifiée.

Ensuite, le faible nombre d'échantillons et l'hypothèse d'une densité apparente homogène ne permettent pas de rendre compte de la variabilité spatiale au sein de la zone d'étude, cela, à l'échelle parcellaire et intra-parcellaire. Or, il a été montré que les variations intra-parcellaires

des stocks de carbone sont particulièrement importantes, notamment en présence d'arbres en bordure ou à l'intérieur des parcelles (Cardinael, 2015). Cela peut constituer la limite majeure de l'approximation.

L'échantillonnage s'est concentré sur l'intérieur de parcelles de vigne, par conséquent notre estimation permet de bien caractériser les stocks de carbone pour des systèmes viticoles mais reste limitée pour d'autres systèmes retrouvés en minorité sur la zone (maraîchage, arboriculture et grandes cultures) (*Annexe 1*).

Par ailleurs, seule une partie des stocks de carbone a été prise en compte, celle des horizons (0-30 cm).

5.2. Le sol végétalisé, un atout dans la gestion des eaux pluviales

La modélisation du ruissellement introduite dans la section matériel et méthode *ci-dessus* a été faite pour un événement pluvieux d'une période de retour de 5 ans, c'est-à-dire une occurrence de 5 ans en moyenne, ce qui correspond à des précipitations de 123 mm en 24 heures pour la région Montpellieraine (Direction Départementale des territoires de la Mer de l'Hérault, 2014). Le volume d'eau ruisselée est d'environ 82 000 m^3 pour la totalité de la surface du Sablassou (158 ha), en prenant en compte l'usage actuel des sols, soit un taux d'imperméabilisation de 0,03 %. En considérant l'hypothèse d'une artificialisation de la totalité de la surface du Sablassou, avec des projets d'urbanismes respectant l'objectif du SCOT de 50 % de la surface imperméabilisée, est obtenu un volume d'environ 129 000 m^3 d'eau ruisselée, soit une hausse de 47 000 m^3 . Pour un épisode cévenol de 123 mm de pluie en une journée, la quantité d'eau ruisselée augmente donc de 57 % en moyenne (*Annexe 23*).

Dans de l'aide à la décision, il est plus intéressant de raisonner en proportion, qu'il suffira de multiplier par la superficie concernée. Pour une pluie de 123 mm, la quantité d'eau ruisselée augmente de 70 % dans la zone sableuse, de 54 % dans la zone sable argilo-limoneuse et de 47 % dans la zone limon argilo-sableuse. Ces résultats étaient attendus puisque car plus la teneur en sable du sol est élevée, plus l'infiltration est favorisée, et donc le ruissellement est réduit.

De manière générale, les sols du Sablassou ont une très forte capacité d'infiltration : ils sont très peu pentus, sont composés majoritairement de sable et sont en grande partie végétalisés. Ainsi, les sols du Sablassou ont une capacité "tampon" élevée sur les quantités d'eau pluviale, ce qui permet de limiter le ruissellement de surface jusqu'au Lez. Dans le cadre de la GEMAPI (Gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations), des préservations d'espace tels que le Sablassou sont privilégiés.

Les données utilisées pour les calculs sont basées sur des données pour des surfaces cultivées. La capacité d'infiltration pourrait ainsi être sous-estimée pour des couverts qui permettent une meilleure infiltration comme la vigne ou les prairies. Les valeurs de volume d'eau ruisselée pourront être d'autant plus faibles si des pratiques vertueuses en termes d'infiltration sont mises en place sur la zone, comme la plantation d'arbres ou la mise en place d'une couverture permanente du sol (intercultures entre deux grandes cultures, enherbements entre les rangs de vigne...).

Néanmoins, ces volumes sont négligeables à l'échelle du bassin versant du Lez. De plus, le Sablassou n'est pas directement soumis à un risque d'inondation d'après le plan de prévision des risques de Castelnau-le-Lez (Direction Départementale de l'équipement - département de l'Hérault, 1998). La réflexion autour des surfaces à imperméabiliser doit donc se faire à une échelle métropolitaine voire à l'échelle du bassin versant, afin de comparer le ruissellement et le risque d'inondation des terres visées par l'artificialisation. Rappelons la loi biodiversité qui donne l'objectif de "Zéro artificialisation nette" à l'horizon 2030 (Fosse, s. d.). La métropole de Montpellier s'inscrit dans ce cadre en affichant comme un des objectifs du prochain PLUi de "Maintenir 50 % d'espaces perméables et affirmer la place du végétal, notamment dans les zones urbaines"(Montpellier Méditerranée Métropole, 2021).

5.3. Le Sablassou, outil de lutte contre les îlots de chaleur urbains (ICU)

Au vu des connaissances actuelles sur le sujet et de la constitution actuelle du Sablassou à dominante végétalisée (*Annexe 1*), nous pouvons avancer qu'une urbanisation des surfaces du Sablassou conduirait à augmenter l'effet ICU de la zone. Cela augmenterait par conséquent la fréquence et l'intensité des épisodes caniculaires à venir sur la zone et ses alentours. Une étude plus précise des ICU à Castelnau-le-Lez permettant leur quantification, spatialisation mais aussi leur évolution probable pour différents scénarios, apporterait des informations précieuses et complémentaires sur les orientations à donner à ce territoire en termes d'urbanisme.

6. CONCLUSION

Cette étude a pour but de contribuer à la réflexion menée dans le cadre la politique agroécologique et alimentaire de Montpellier Méditerranée Métropole et de l'élaboration de son Plan local d'Urbanisme Intercommunal en 2023. L'objectif de ce travail était d'étudier le potentiel agronomique du territoire du Sablassou, au travers de l'étude de ses sols. Nous l'avons élargi à l'étude de quelques services écosystémiques, importants à prendre en compte dans le cadre de l'aménagement du territoire métropolitain.

Les sols du Sablassou sont historiquement valorisés par l'agriculture en raison de leur potentiel agronomique certain. Le rapport de la Direction de la Culture et du Patrimoine de la région Occitanie rappelle ce passé agricole, dont des infrastructures patrimoniales (les norias) témoignent encore aujourd'hui.

En effet, nos mesures et interprétations ont montré que ces sols sont profonds, en terrains plats, avec une faible pierrosité et sans contraintes chimiques importantes. Ces éléments les distinguent positivement de nombreux sols de la Métropole de Montpellier. Majoritairement sableux, les sols du Sablassou sont également non battants et favorisent l'infiltration de l'eau, limitant le ruissellement et donc les risques d'inondation.

Situé en région méditerranéenne donc très exposé à la sécheresse estivale, le territoire du Sablassou permet une diversité de culture en leur offrant une résilience face au stress hydrique. En effet, ses sols profonds permettent aux plantes ayant des racines profondes comme la vigne de puiser l'eau qui y est stockée. De plus, avec une possibilité pérenne d'irrigation grâce au réseau hydraulique régional, ce territoire est particulièrement favorable au maraîchage, qui nécessite une stabilité des apports en eau au long de l'année.

Le sol est fertile et propice au maraîchage, aux grandes cultures ainsi qu'aux vignes. Les contraintes liées aux excès ou aux carences de certains nutriments peuvent être corrigées à l'aide d'apports externes ou d'un travail du sol spécifique à ces cultures. C'est un terroir riche dont les productions peuvent être valorisées par de nombreuses appellations et indications géographiques.

Notre caractérisation des sols du Sablassou met en valeur une forte diversité à l'intérieur de la zone, pas mise en avant par les études à échelle régionale ou nationale. Cette diversité est à souligner car le sol est un patrimoine naturel et anthropique mais aussi une ressource naturelle non renouvelable à l'échelle des temps humains, à ce titre il convient d'y apporter une attention toute particulière.

Les sols végétalisés du Sablassou fournissent aussi de nombreux services écosystémiques. Ils représentent un atout et un enjeu dans la régulation du climat et la séquestration des gaz à effet de serre grâce aux stocks significatifs de carbone qu'ils contiennent. Les événements météorologiques extrêmes, canicules et épisodes orageux importants, seront à l'avenir de plus en plus fréquents et leur impact plus important. La préservation des espaces végétalisés comme le Sablassou en proximité des aires urbaines est donc une priorité pour limiter les effets du changement climatique sur nos villes : inondations et îlots de chaleur urbains.

Ces services écosystémiques - régulation du climat local, stockage de carbone et infiltration de l'eau pluviale - sont d'autant plus fonctionnels et bénéfiques que les sols sont végétalisés. Des plantations d'arbres, de haies, la mise en place de prairies permanentes ou d'enherbement entre les rangs de vignes sont donc à promouvoir sur la zone. Ces infrastructures écologiques sont par ailleurs bénéfiques à la diversité écologique et paysagère, deux services écosystémiques qui n'ont pas été pris en compte dans cette étude.

Ainsi, le Sablassou est un territoire avec des sols divers, qui présentent un fort potentiel agronomique ainsi que des services de régulation du changement climatique et de ses impacts en milieu urbain. Il rentre dans l'objectif de sécurité alimentaire promu par le SCoT de 2019 et répond au double enjeu de préservation de l'environnement et de valorisation agricole des espaces péri-urbains. Dans le cadre de l'élaboration du prochain PLUi, le Sablassou est un territoire qui mérite d'être préservé de l'urbanisation.

Dans une perspective de sanctuarisation des terres agricoles telle qu'envisagée par le SCOT et souhaitée au titre des objectifs du PLUi, il serait utile de mettre en place des dispositifs de préservation de ces terres (PAEN par exemple).

* * *

Cette étude appelle à des travaux complémentaires qui pourraient être envisagés par la suite :

- La fourniture en eau sur l'année de l'aquifère du Sablassou pourrait être estimée grâce à des relevés piézométriques réguliers. Cela permettrait de déterminer les cultures dont les besoins peuvent être couverts par cette ressource locale en eau et donc d'estimer dans quelle mesure le territoire pourrait être indépendant du réseau hydraulique régional.
- Une étude, plus socio-économique, des possibilités d'installation de jeunes agriculteurs sur les terrains en friche du Sablassou permettrait de déterminer les obstacles à ces installations et les leviers pour les surmonter. Ce travail pourrait contenir entre autres une étude de marché pour connaître les possibilités de valorisation locale des productions.
- Une étude de la biodiversité présente sur la zone permettrait d'estimer les risques associés à un projet d'urbanisation.

* * *

Nous sommes convaincus de l'utilité de notre travail dans le cadre de la concertation publique autour du PLUi de 2023. Nous espérons qu'il pourra être complété par d'autres travaux et qu'il permettra de valoriser ce territoire agricole ainsi que ses sols. Nous avons apprécié travailler sur ce projet et nous remercions toutes les personnes qui l'ont rendu possible.

BIBLIOGRAPHIE

- AgriChaux. (2000). *Le rapport K₂O/ MgO = intérêt agronomique*. 6.
- Antoni, V. (2011). *L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles* (N° 74).
Commisariat Général au Développement Durable.
https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2018-10/Le_point_sur___Sols_V7.pdf
- Arabic Theme. (2017). Le stress salin. *Agronomie*. <https://agronomie.info/fr/le-stress-salin/>
- Arvalis. (2012). *Les fiches accidents*. Les Fiches Accidents - ARVALIS-infos.fr.
<http://www.fiches.arvalis-infos.fr>
- ARVALIS. (2013). *Carence en manganèse (Mn)—Accident physico-chimique sur Maïs, ARVALIS Résultats*. Les Fiches Accidents - ARVALIS-infos.fr.
<http://www.fiches.arvalis-infos.fr>
- Association technique Viticole 49. (2020). *Fiche technique : Carence en Fer*.
- Aurea Agrosiences. (2017a). *Activité biologique et gestion organique en sol basique*.
- Aurea Agrosiences. (2017b). *Conséquences des excès de cuivre dans les sols et les végétaux*.
- Baize, D. (2018). *Guide des analyses en pédologie* (3e éd. revue et augmentée). Éditions Quae.
- Baize, D., & Jabiol, B. (2011). *Guide pour la description des sols* (Editions Quae).
- Balesdent, J., Basile-Doelsch, I., Chadoeuf, J., Cornu, S., Fekiacova, Z., Fontaine, S., Guenet, B., & Hatté, C. (2017). Renouvellement du carbone profond des sols cultivés : Une estimation par compilation de données isotopiques. *BASE*, 181-190.
<https://doi.org/10.25518/1780-4507.13562>
- Beaudoin, M., & Levasseur, M.-E. (2017). *Verdir les villes pour la santé de la population : Revue de la littérature*. Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique Québec.
- Bispo, A., Guellier, C., Martin, E., Sapijanskas, J., Soubelet, H., & Chenu, C. (2016). *Les sols -Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable* (Editions Quae).
- Bosse-Platière, A. (2021). *Lutte contre les carences en magnésium des plantes*. Terre Vivante.
<https://www.terrevivante.org/contenu/symptomes-lutte-contre-carences-magnesium-plante/>
- Cardinael, R. (2015). *Stockage de carbone et dynamique des matières organiques des sols en agroforesterie sous climat méditerranéen et tempéré*. <https://hal.inrae.fr/tel-02799839>
- Chambre d'agriculture Alpes-Maritimes. (2012). *Matières organiques, fiche n°3*.
https://occitanie.chambre-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Occitanie/076_Inst-Occitanie/Documents/Productions_techniques/Agriculture_biologique/Espace_ressource_bio/Maraichage_bio/Pluri-espece/Fertilisation/AdaptationApportOrgaSol-AlpesMaritimes-2012.pdf

- Chambre d'agriculture de Bretagne. (2020). *Souffre et oligo-éléments : Quels besoins pour les grandes cultures ?* Fiche-cereales-soufre-et-oligo-elements2020-02-05.pdf
- Chambre d'agriculture de la Drome. (2015). *La capacité d'échange cationique.* Fiche_CEC.pdf
- Chambre d'agriculture Occitanie. (2011). *Guide des produits organiques utilisables en Languedoc-Roussillon—Tome 1* (Vol. 1).
- Chambre d'agriculture Saône-et-Loire, équipe grandes cultures. (2021). *Fertilisation phospho-potassique et magnésique (fiche de conseil)*. https://bourgognefranche-comte.chambres-agriculture.fr/fileadmin/user_upload/Bourgogne-Franche-Comte/061_Inst-Bourgogne-Franche-Comte/CA71/71Techniques_Infos/71Grandes_cultures/PK2021.pdf
- Charlier, J.-B. (2011). Des OGM dans nos assiettes pour une meilleure nutrition mondiale en zinc ? *Athéna* n°274, 18-22.
- COMIFER. (2019). *La fertilisation P - K - M : Les bases du raisonnement.* COMIFER_RAPPORT_fertilisation_15102019.pdf
- Crabit, A., & Colin, F. (2021). *Hydrologie des bassins versants cultivés*. Cours de 1ère année ingénieur agronome, Institut Agro Montpellier.
- Crance, J. (2022, novembre 29). *Les prérequis techniques en maraîchage bio circuit court par un agronome maraîcher* [Institut Agro Montpellier].
- Dabin, B. (1970). Les facteurs chimiques de la fertilité des sols (bases échangeables, sels, utilisation des échelles de fertilité). In *Pédologie et développement* (p. 221-237). ORSTOM ; BDPA. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:16385>
- Direction Départementale de l'équipement - département de l'Hérault. (1998). *Plan de prévention des risques naturels d'inondation—Commune de Castelnau-le-Lez* (p. 23). Département de l'Hérault, Service Urbanisme, Aménagement du territoire.
- Direction Départementale des territoires de la Mer de l'Hérault. (2014). *Guide méthodologique pour la gestion des eaux pluviales dans les projets d'aménagement*. https://www.gesteau.fr/sites/default/files/gesteau/content_files/document/guide-pluvial_tome2miseenpage.pdf
- Farissi, M., Ghoulam, C., & Bouizgaren, A. (2014). Effet de la salinité sur la production et la qualité fourragère de populations de luzerne dans la région de Marrakech (Maroc). *Effet de la salinité sur la production et la qualité fourragère de populations de luzerne dans la région de Marrakech (Maroc)*, 219, 271-275.
- Fosse, J. (s. d.). *Objectif « zéro artificialisation nette » : Quels leviers pour protéger les sols ?* Consulté 20 novembre 2022, à l'adresse <https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protoger-sols>
- Gate, P., & Castillon, P. (2010). *Le système racinaire des céréales à paille*. 363, 2.
- Gerbeaud. (s. d.-a). *Identifier et corriger les carences en magnésium, fer, soufre, bore*. Consulté 19 novembre 2022, à l'adresse

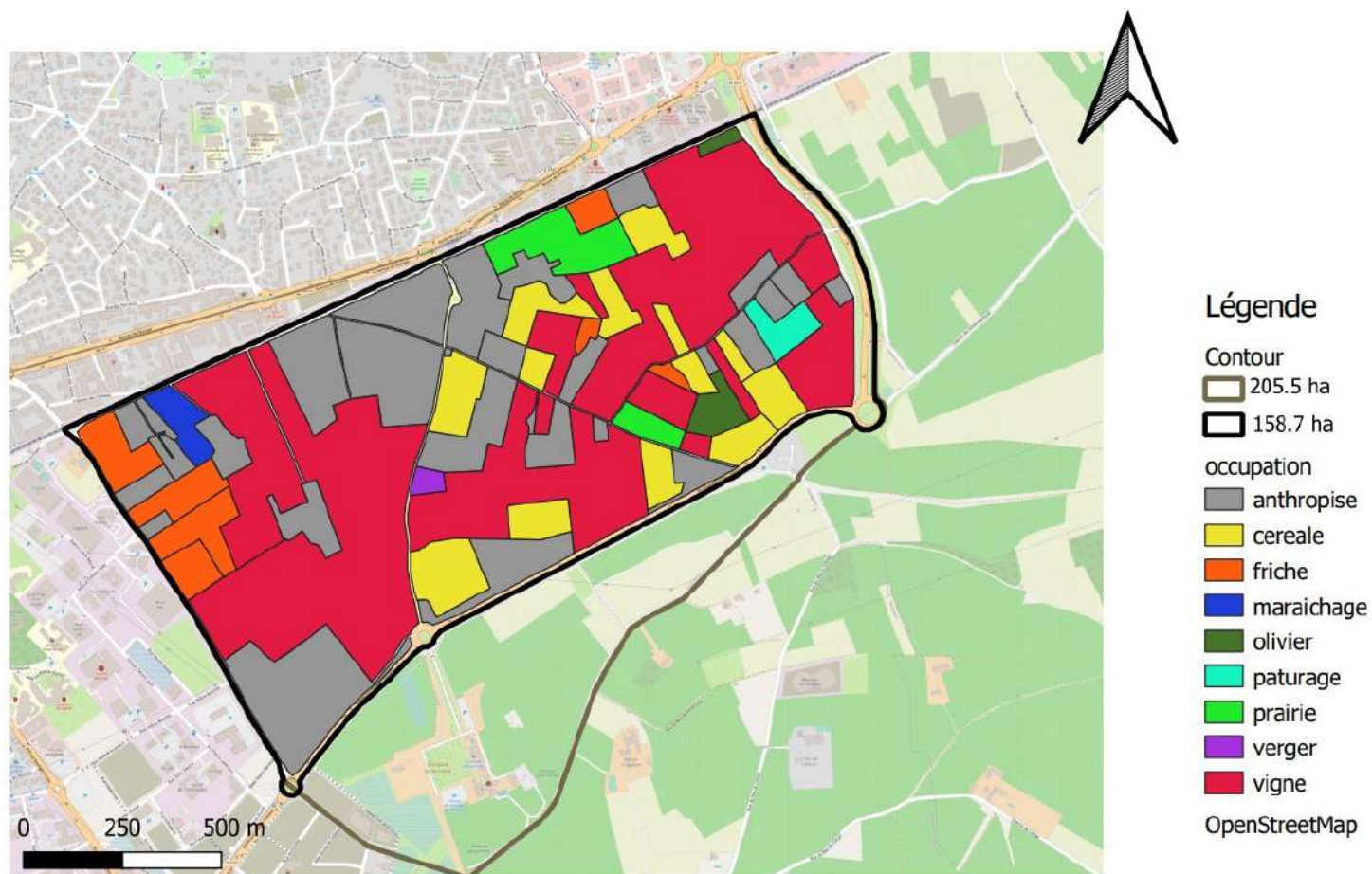
- <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/carences-plantes-fer-magnesium-soufre-bore,1544.html>
- Gerbeaud. (s. d.-b). *Quels légumes cultiver en fonction de son sol ?* Consulté 19 novembre 2022, à l'adresse <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/quels-legumes-cultiver-selon-nature-sol,1550.html>
- Gissol. (2011). *L'état des sols de France*. Gis Sol.
- Hassani, N., & Drogue, G. (2020). Mesure et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain dans l'aire urbaine de Metz Métropole : Premiers résultats de la campagne de mesure 2019. *Climatologie*, 17, 8. <https://doi.org/10.1051/climat/202017008>
- Huglin, P., & Schneider, C. (1998). *Biologie et écologie de la vigne* (2^e, éd. revue et augmentée éd.). Tec & doc.
- INAO. (2012a). *INAO : Appellation d'origine protégée/contrôlée (AOP/AOC)*. INAO. <https://www.inalo.gouv.fr/Les-signes-officiels-de-la-qualite-et-de-l-origine-SIQO/Appellation-d-origine-protgee-controlee-AOP-AOC>
- INAO. (2012b). *INAO : rechercher un produit*. INAO. <https://www.inalo.gouv.fr/Espace-professionnel-et-outils/Rechercher-un-produit>
- INSEE. (2019). *Dossier complet – Commune de Castelnau-le-Lez (34057)*. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-34057>
- Interbio Franche-comté. (2012). *Comprendre les sols agricoles*. Guide sols.pdf
- Karemangingo, C. (2012). *Problème environnemental lié au phosphore dans les sols*. https://www2.gnb.ca/content/gnb/fr/ministeres/10/agriculture/content/terres_et_environnement/durabilite_environnement/phosphore.html
- Lahbib, T. (2014). Revue des Régions Arides -numéro 4 : Techniques culturales et optimisation des facteurs de production. *Revue des Régions Arides*. https://www.academia.edu/44349267/Revue_des_R%C3%A9gions_Arides_Num%C3%A9ro_SESSION_4_TECHNIQUES_CULTURALES_ET_OPTIMISATION_DES_FACTEURS_DE_PRODUCTION
- Lambert-Habib, M. L., Hidalgo, J., Fedele, C., Lemonsu, A., & Bernard, C. (2013). How is climatic adaptation taken into account by legal tools? Introduction of water and vegetation by French town planning documents. *Urban Climate*, 4, 16-34. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2013.04.004>
- Mairie de Castelnau-Le-Lez. (s. d.-a). *D'hier à aujourd'hui*. Consulté 23 novembre 2022, à l'adresse <http://www.castelnau-le-lez.fr/D-hier-%C3%A0-aujourd-hui/10039/>
- Mairie de Castelnau-Le-Lez. (s. d.-b). *PLU Castelnau-le-Lez*.
- Martin, M. (2019). *La carte nationale des stocks de carbone des sols intégrée dans la carte mondiale de la FAO* [Data set]. Portail Data INRAE. <https://doi.org/10.15454/JCONRJ>
- Michaud, A. (2007). *Interaction entre la biodisponibilité, phytotoxicité du cuivre et la nutrition en fer de graminées : Mécanismes physiologiques et rhizosphériques* [Montpellier SupAgro (Montpellier, FRA)]. https://www.supagro.fr/theses/extranet/07-0025_Michaud.pdf

- Minerals and Agriculture GmbH. (2019). *Le zinc dans le sol*. http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/fr/fr/fertiliser/advisory_service/nutrients/zink.html
- Ministère de la Transition écologique. (2019). *CORINE Land Cover—Occupation des sols en France*. <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/corine-land-cover-occupation-des-sols-en-france/>
- Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation. (2017). *Parlons potassium! MAPAQ*. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/monteregie/articles/production/Pages/Parlonspotassium.aspx>
- Montpellier Méditerranée Métropole, D. de la C. (2021). *Décidons de l'avenir de notre territoire—Elaboration du Plan Local d'Urbanisme Intercommunal—Climat*. 11.
- Montpellier Méditerranée Métropole. (2019a). *SCOT révisé—Explication des choix—Tome 1, livre 5* (p. 252). Montpellier Méditerranée Métropole.
- Montpellier Méditerranée Métropole. (2019b). *SCOT révisé—Résumé non-technique—Tome 1, livre 5*. Montpellier Méditerranée Métropole.
- Nguyen, D., & Philippe, M. (2011). *Perspectives pour la géothermie superficielle pour la ZAC du Sablassou—Contexte hydrologique et géologique*. BRGM.
- Pascal, M., Laaidi, K., & Beaudeau, P. (2018). Intérêt des espaces verts et ombragés dans la prévention des impacts sanitaires de la chaleur et de la pollution de l'air en zones urbaines. *Revue Forestière Française*, 2-3-4, 353. <https://doi.org/10.4267/2042/70007>
- Pistocchi, C. (2022). *Fertilisation minérale : Raisonement, disponibilité des éléments minéraux (Syllabus ECUE 2.1 Dominante 1 L'Institut Agro Montpellier)*.
- Poinsot, Y. (2005). Les incidences territoriales de la « mise en normes » des activités agricoles : Un cas vosgien. *L'Espace géographique*, 34(3), 237-250. <https://doi.org/10.3917/eg.343.0237>
- Renault, L. (2013). *Associations et rotations au potager*. Fleurus.
- Roy, J.-P. (2011). *Dictionnaire professionnel du BTP*. <https://www.editions-eyrolles.com/Dico-BTP/definition.html?id=3036#:~:text=Elimination%20d'un%20ancien%20rev%C3%AAtement,en%20particulier%20la%20terre%20v%C3%A9g%C3%A9tale>.
- Safer. (2022). *Vignes—Le prix des terres*. <https://www.le-prix-des-terres.fr/carte/vigne/>
- Schvartz, C., Decroux, J., & Muller, J.-C. (2005). *Guide de la fertilisation raisonnée : Grandes cultures et prairies*. France Agricole Editions.
- Selosse, M.-A., & Rafaelian, A. (2021). *L'origine du monde : Une histoire naturelle du sol à l'intention de ceux qui le piétinent*. Actes sud.
- Seroin, G. (2020). *Caractérisation et comparaison de la valeur agronomique de trois parcelles de Vermentinu en vue de l'élaboration d'une cuvée de blanc supérieure*.

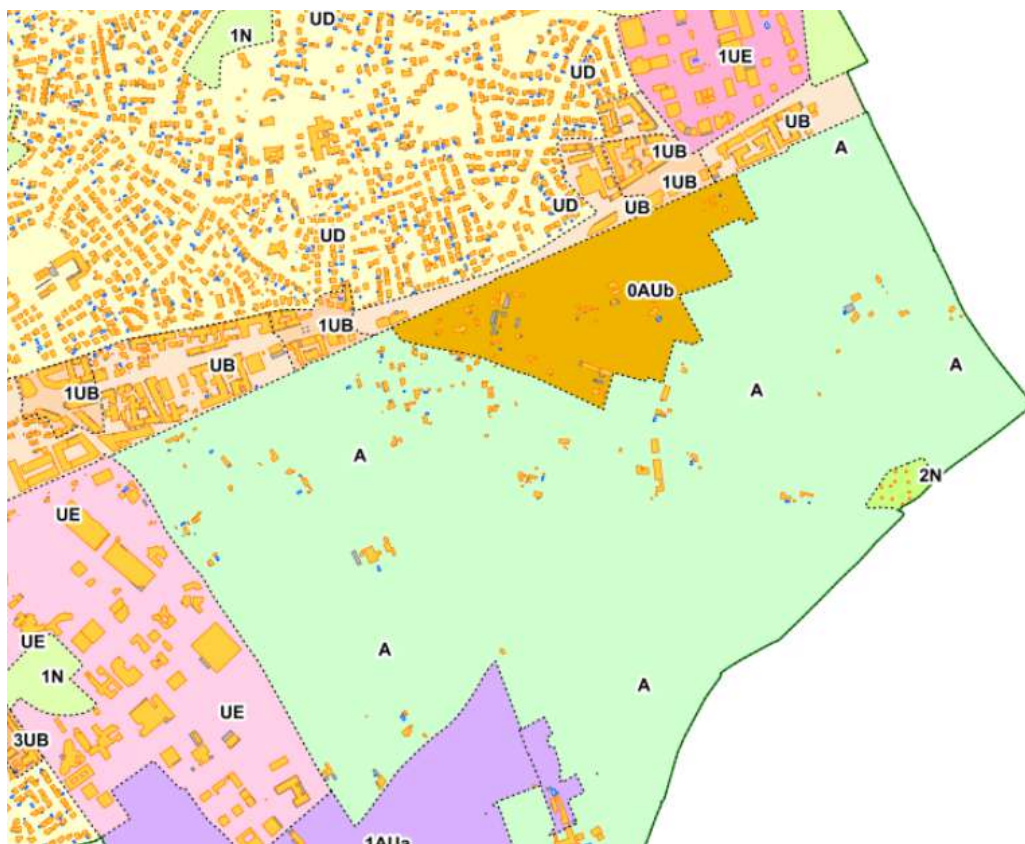
- Soubeyroux, J.-M., Ouzeau, G., Schneider, M., Cabanes, O., & Kounkou-Arnaud, R. (2016). Les vagues de chaleur en France : Analyse de l'été 2015 et évolutions attendues en climat futur. *La Météorologie*, 94, 45-51. <https://doi.org/10.4267/2042/60704>
- Stocker, T. (Éd.). (2014). *Climate change 2013 : The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Transports de Montpellier Méditerranée Métropole. (2022). *Services TaM : Ligne 2*. TaM. <https://www.tam-voyages.com/index.asp>
- UNIFA. (s. d.). *Les mécanismes d'absorption des éléments nutritifs*. Consulté 19 novembre 2022, à l'adresse <https://fertilisation-edu.fr/nutrition-des-plantes/les-mecanismes-d-absorption-des-elements-nutritifs.html>
- UVED. (2014). *Processus écologiques—Battance*. <https://www.supagro.fr/ress-pepites/processusecologiques/co/Battance.html>
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F., & Guo, S. (2021). Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, 9(2), 249-256. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>
- Zaoui, E. H., & Brun, G. (2020). Les plantes face au stress hydrique et salin. *Agriculture du Maghreb*. <https://www.agri-mag.com/2020/04/07/les-plantes-face-au-stress-hydrique-et-salin/>

ANNEXES

Annexe 1 : Carte de l'occupation des sols du Sablassou - Castelnau-le-Lez

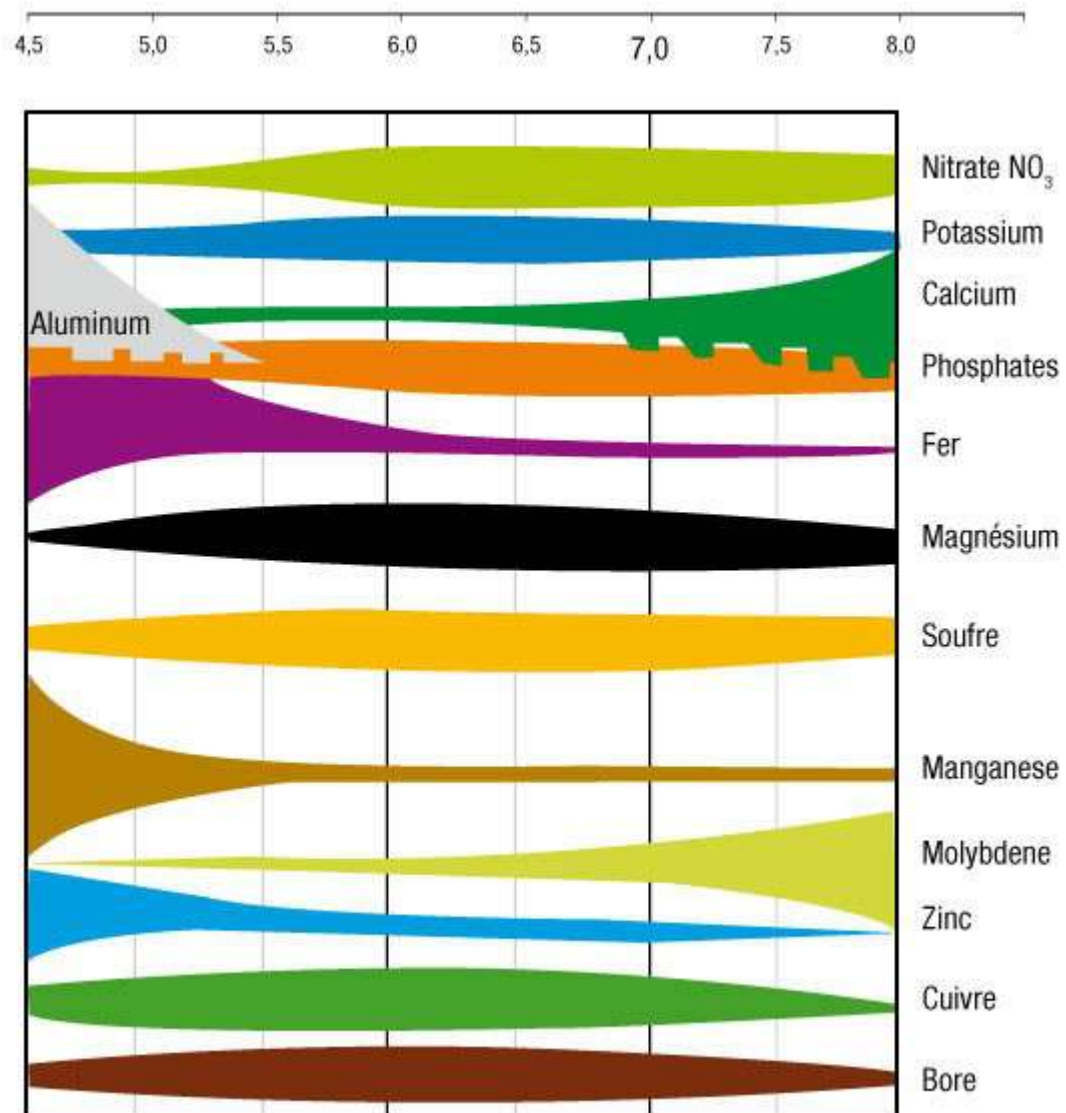


Annexe 2 : Plan de zonage Sablassou pour le PLUi à venir



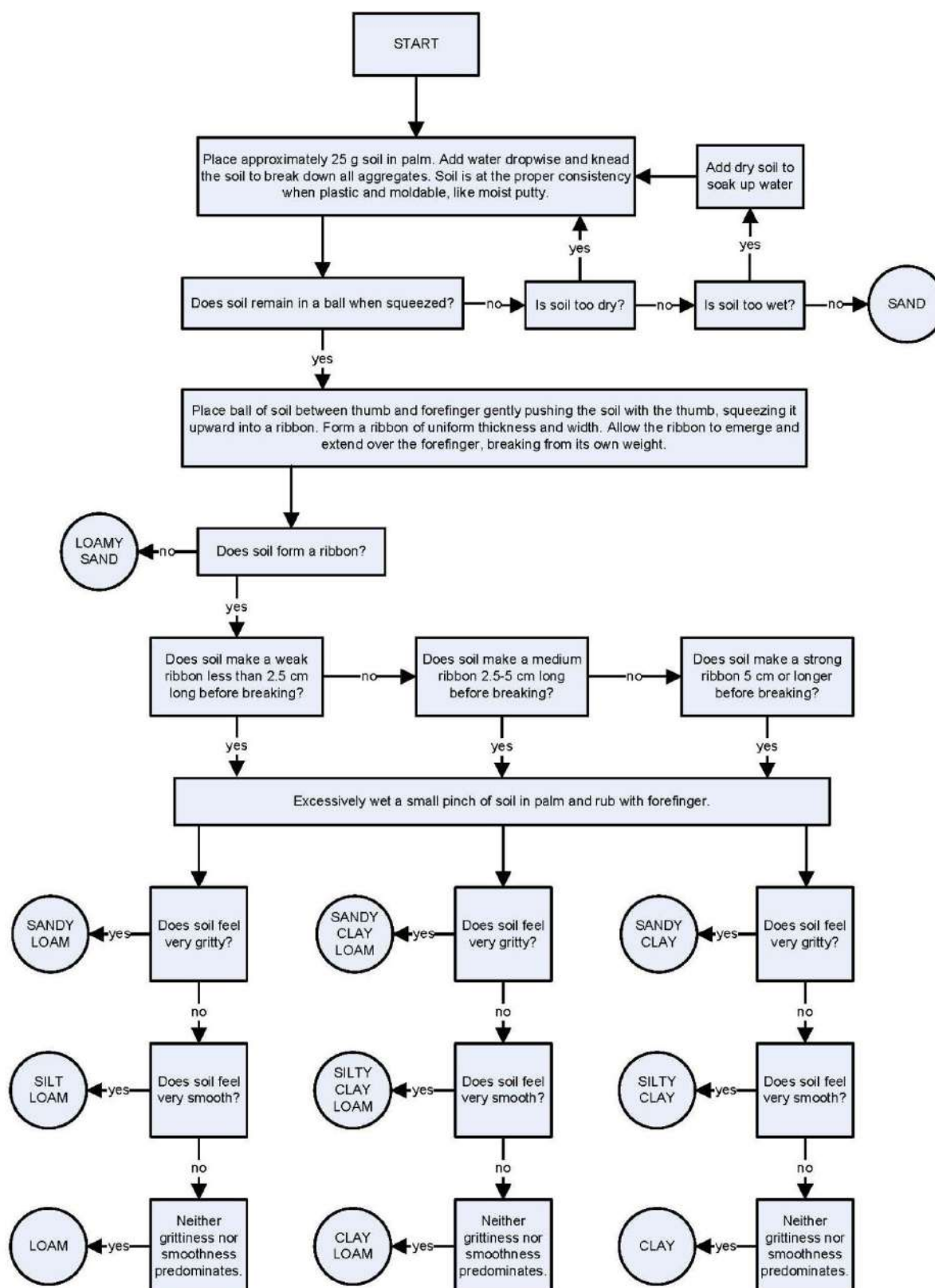
La zone 0Aub est une zone destinée à l'urbanisation

Annexe 3 : Diagramme d'assimilation des éléments minéraux en fonction du pH - (Truog, 1948) - source : UNIFA



© UNIFA

Annexe 4 : Arbre de décision permettant d'estimer la texture d'un sol au toucher



Annexe 5 : Codification du test d'effervescence à l'acide chlorhydrique

On applique une goutte d'acide chlorhydrique (a 2 / %) sur l'échantillon de sol. La notation est qualitative. Il est important que chaque observateur s'accorde pour limiter les biais de notation.

0 : Aucune réaction

1 : Réaction très faible, décelable à l'oreille ou avec quelques bulles

2 : Réaction faible, une à deux couches de petites bulles

3 : Réaction moyenne, plusieurs couches de bulles

4 : Réaction rapide, nombreuses couches de bulles

5 : Réaction vive à violente, nombreuses couches de bulles salies par de la très fine, et/ou très grosses bulles

Annexe 6 : Résultats des analyses pédologiques de la fosse

Coordonnées GPS : Long : 3° 55.290' E, Lat : 43° 37.895' N

Réalisée le 7 Avril 2022

Environnement : plat, contexte agricole ancien, près d'une maison

Contexte : nuageux, dernière pluie il y a environ 10 jours

Roche-mère : dépôts alluviaux du Lez avec courant substantiel moyen sable alluvial limon

Profondeur de la fosse :

Horizons	Couleur	Texture (TEST DU BOUDIN)	Éléments grossiers	Structure	Humi dité	Racines	Activité biologiqu e	Traces d'hydromor phie	Efferv escenc e HCl (pH)
0 - 25 cm	7,5 YR 3/2 = dark brown	SAND = sable	1% Céramique cassée -> activité anthropique ++ Coquillages Charbon	Agrégats ronds en forme de petites boules pas très résistante => origine biologique (sucres qui agrègent)	Frais	7% : chevelu racinaire + quelques racines ligneuses	Galeries (marron) de vers de terre ++ Fourmis	/	1 (un peu de bulles)
25 - 55 cm	7,5 YR 4/6 = strong brown	LOAM SAND = sable limoneux	1%	Pas de structure (pas résistant)	Frais	Un peu 1%	Galeries (grises)	/	0
55 - 95 cm	7,5 YR 5/6 = strong brown	LOAM = limons	0%	//	Humi de	Racines éparses (environ 0%)	Quelques galeries	/	//
95 - 125 cm	5 YR 5/6 = yellowish red -> fer oxydé Brillant (facettes)	SANDY CLAY = sablo- argileux	//	//	Humi de	Racines ligneuses (plus de chevelu)	//	Marbrures : traces grises => départ du fer dans l'eau	//

Annexe 7 : Poster pédagogique de la fosse pédologique

Matéo CARID
Marie DOREAU
Leila SANTI-DUCRET
Ewen SOUBIGOU
pei2022-sablasseou@supagro.fr

CE SOL SOUS NOS PIEDS

Résumé de l'étude d'une fosse pédologique



A l'occasion d'un projet d'élèves ingénieurs menés par des étudiants de l'Institut Agro Montpellier en 2022, une fosse pédologique a été réalisée. Elle a permis d'étudier en détail le sol du terrain de l'association Maraichons à Sablassou.

Définitions :

Horizon : couche de sol homogène ayant des caractéristiques physiques, chimiques et biologiques spécifiques

Profil de sol : section verticale de sol

Texture : répartition des différents éléments selon leur taille (Sables – Limons – Argiles) dans une portion de sol

Structure : façon dont s'organisent les éléments du sol en agrégats

Hydromorphie : marques physiques de saturation régulière en eau

Couleur : la couleur est évaluée à partir d'un livre standardisé, la charte Munsell.

L'observation a été faite sous vos pieds le 7 Avril 2022, dans une fosse d'1m20 de profondeur.



Horizon 1 (H1)

(0-25 cm)

Ces teintes très foncées indiquent une forte teneur en matière organique, un vrai garde manger pour les plantes. Sa texture est particulièrement sableuse. La structure est formée par de petits agrégats ronds d'origine biologique, les éléments se regroupant entre eux par l'action des sucres qui agit comme liant. Cet horizon présente beaucoup de traces d'activité biologique, vers de terre et fourmières notamment. On peut observer de toutes petites racines formant un chevelu racinaire dense et quelques racines plus épaisses (ligneuses).

Horizon 2 (H2)

(25-55 cm)

La transition entre les deux premiers horizons est diffuse (1) car le travail du sol n'a pas dû être effectué depuis longtemps. Les teintes sont beaucoup plus claires que l'horizon 1. Cette différence de couleur peut s'expliquer par l'action humaine sur les sols qui s'arrête à cette limite. En terme de texture, le sol est sablo-limoneux et ne présente pas de structure (pas d'agrégats observables). En revanche, des galeries de vers anéciques sont visibles (2). Ces vers récupèrent la matière organique en surface et l'amènent en profondeur permettant l'enrichissement du sol.

Horizon 3 (H3)

(55-95 cm)

Cette fois-ci la différence entre les horizons 2 et 3 est un peu plus subtile. Même si une différence de couleur est observée, celle-ci n'est pas flagrante. De même, l'absence d'agrégats ne permet pas de différencier les deux horizons. Concernant la texture, les éléments majoritaires ne sont plus les sables mais des limons (particules plus petites). Les limons retiennent mieux l'eau que le sable et cela se ressent lorsque l'on pose la main sur le profil.

Notez que l'on retrouve à nouveau quelques grosses racines et surtout de grandes galeries grises verticales de vers de terre.

Horizon 4 (H4)

(95-125 cm)

Ce dernier horizon présente des traces d'hydromorphie avec des marbrures grises. Elles indiquent une saturation en eau à certains moments de l'année provoquant la migration du fer dans le sol. Sa texture est sablo-argileuse. Cet horizon est humide au toucher car les argiles ont une bonne capacité à retenir l'eau.

Conclusion

Globalement ce sol est profond et sableux donc favorable aux cultures. De plus, il présente une bonne capacité à stocker de l'eau et une importante réserve de matière organique. Cela en fait a priori un excellent sol pour une activité agricole.

Annexe 8 : Calculs de densité apparente

Volume cylindre :

Avec $R = 1,5 \text{ cm}$ et

Densité apparente

Horizon	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Masse moyenne	Densité
0-25	126,5	134,8	135	132,1	1,25
25-55	165,6	160,7	161,3	162,5	1,53
55-95	96,8	171,8	104,5	124,4	1,17
95-125	81,4	96,7	67,2	81,8	0,77

Annexe 9 : Résultats d'analyse des sols échantillonnés (1ère phase)

N° prélèvement	Coord GPS (si il y a)	Type de végétation	Profondeur (cm)	Éléments grossiers	Couleur	Texture	Humidité	HCl	Racines
1-1-1		Ancien verger	60	0	7.5YR 3/3 dark brown	loamy sand	Humide	0	Beaucoup de racines
N° prélèvement	Coord GPS (si il y a)	Type de végétation	Profondeur (cm)	Éléments grossiers	Couleur	Texture	Humidité	HCl	Racines
1-1-1		Ancien verger	60	0	7.5YR 3/3 dark brown	loamy sand	Humide	0	Beaucoup de racines
2-1-1		Fraisiers	45	0	7.5YR 4/4 brown	clay	Sec	0	
2-7-1		Vigne irriguée	50	5%	7.5 YR 4/3 brown	loamy sand	sec	5	
1-9-1		Friche	60	<1%	10YR 4/4 Brown	loam	sec	4	
1-9-2	3°55.589E / 43°38.033N	Prairie	60	0	7.5YR 3/4 dark brown	clay	sec	1	
1-10-1	3°55.788E / 43°37.928N	Vigne enherbée coupée	15 cm (trop de cailloux pour aller + loin)	10% très calcaire (eff 5)	10YR 4/3 Brown	silt loam	sec	2+	
1-10-2		Vigne enherbée	60	1% très petits	7.5YR 4/3 Brown	loamy sand	frais	4	
1-11-1	3°55.751E / 43°37.877N	Friche rase + petits arbres	60	5%	7.5YR 5/4 brown	loamy sand	frais	5 très calcaire	
1-11-2	3°55.878E / 43°37.832N	Oliviers	60	1%	7.5YR 3/3 dark brown	silt loam	sec	5 très calcaire	
1-12-1	3°56.021E / 43°37.999N	Vigne à côté d'un château d'eau	60	0%	10YR 5/6 yellowish brown	silt loam	sec	5	
1-7-1	3°55.337E/43°37.697N	chardons, à 3 m de la parcelle de vignes arrachées	60	blancs calcaires (maïs moins qu'avant)	5 YR 3/2 dark reddish brown	loamy sand	?	0 sauf pt cailloux blancs à 5	

Annexe 10 : Travaux pratiques de sciences du sol en 1ère année – protocole de mesure du pH et de la conductimétrie

Mesure du pH dans l'eau déminéralisée :

- Peser 10 g de terre fine, passée au tamis de 2 mm, dans un bécher de 100 ml.
- Ajouter avec une éprouvette 50 ml d'eau déminéralisée.
- Agiter énergétiquement durant quelques minutes avec un agitateur magnétique.
- Laisser reposer une demi-heure.
- Après étalonnage du pH-mètre au moyen de 2 solutions tampon ($\text{pH} = 7,0$ et $\text{pH} = 4,0$ ou $10,0$), introduire avec précaution l'électrode de verre dans la suspension de sol mise sous agitation.
- Lire le pH lorsque l'aiguille du pH-mètre s'est stabilisée.

Le même protocole a été réalisé à l'aide d'un conductimètre pour mesurer la conductimétrie.

Annexe 11 : pH et conductivité mesurés sur les sols échantillonnés (1ère phase)

N° prélèvement	Profondeur (cm)	pH	prise 2 pH	Moyenne pH	Conductivité $\mu\text{S} / \text{cm}$	prise 2 Cond	Moyenne Cond
1-1-1	60	7,31	7,5	7,405	265	260	262,5
2-1-1	0-45	7,12	7,42	7,27	384	380	382
	45-60	6,97	7,53	7,25	88	105	96,5
1-2-1	0-60	7,73	8,01	7,87	142	159	150,5
1-2-2	0-60	7,84	8,13	7,985	117	132	124,5
2-2-1	0-40	7,3	7,66	7,48	281	273	277
	40-55	6,94	7,33	7,135	202	211	206,5
2-6-1	0-40	7,88	8,06	7,97	233	245	239
	40-60	7,61	7,76	7,685	513	520	516,5
1-7-1	0-60	6,3	6,8	6,55	76	80	78
2-7-1	0-50	8,13	8,32	8,225	157	163	160
1-9-1	0-60	7,8	7,91	7,855	355	344	349,5
1-9-2	60	6,88	7,18	7,03	256	222	239
1-10-1	15	7,66	7,93	7,795	315	318	316,5
1-10-2	60	7,74	7,89	7,815	333	336	334,5
1-11-1	60	7,84	7,93	7,885	313	312	312,5
1-11-2	60	7,79	7,83	7,81	352	356	354
1-12-1	60	8,39	8,4	8,395	166	176	171

Annexe 12 : Réservoir utilisable maximal d'un horizon selon sa classe de texture - Source : Service de cartographie des sols de l'Aisne

Classe de texture	Humidité à la capacité au champ HCC *	Humidité au point de flétrissement HPF *	Eau utile *	Densité apparente da	Réservoir utilisable maximal U
S	8	3	5	1,35	0,70
SL	12	5	7	1,40	1,00
SA	19	10	9	1,50	1,35
LIS	15	7	8	1,50	1,20
LS	19	9	10	1,45	1,45
LmS	20	9	11	1,45	1,60
LSA	22	11	11	1,50	1,65
LAS	24	12	12	1,45	1,75
LI	17	8	9	1,45	1,30
Lm	23	10	13	1,35	1,75
LA	27	13	14	1,40	1,95
AS	33	22	11	1,55	1,70
A	37	25	12	1,45	1,75
AL	32	19	13	1,40	1,80
Alo sédimentaire	29	18	11	1,50	1,65
Alo altération	38	25	13	1,30	1,70

* HCC, HPF et eau utile sont exprimés en pourcentages pondéraux (en g/100 g).

Annexe 13: Dénomination des classes texturales du Sablassou selon le triangle de texture GEPPA et celui de l'Aisne

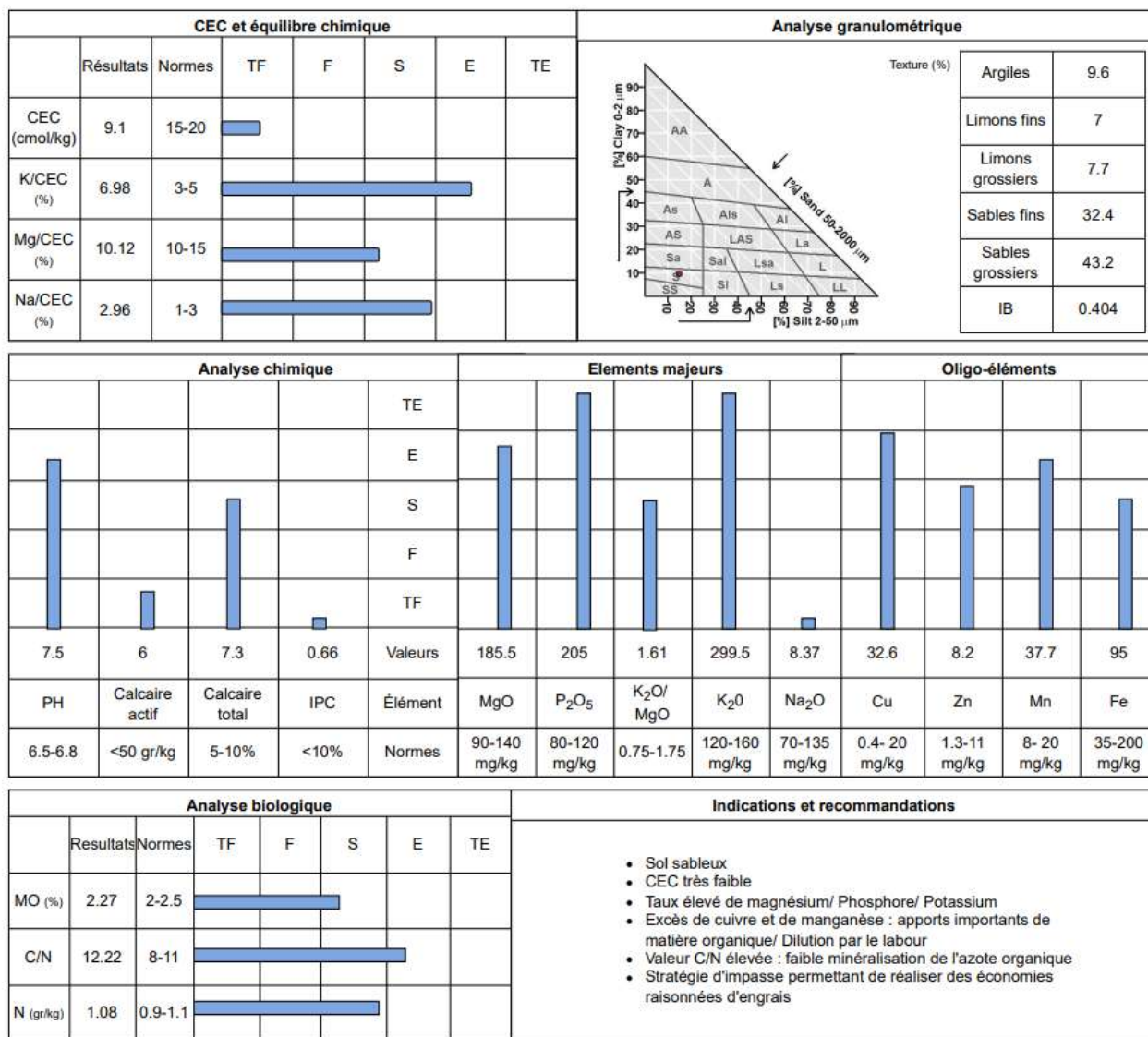
Texture selon le triangle GEPPA	Texture selon le triangle de l'Aisne	Superficie totale de la zone texturale (en ha)	RUM correspondant à la texture de l'Aisne en mm/cm
Sable	Sable limoneux	56	1,00
Sable argilo-limoneux	Sable argileux	40	1,35
Limon argilo-sableux	Limon sablo-argileux	48	1,65

Annexe 14 : Réservoir utilisable maximal (en mm) des sols du Sablassou

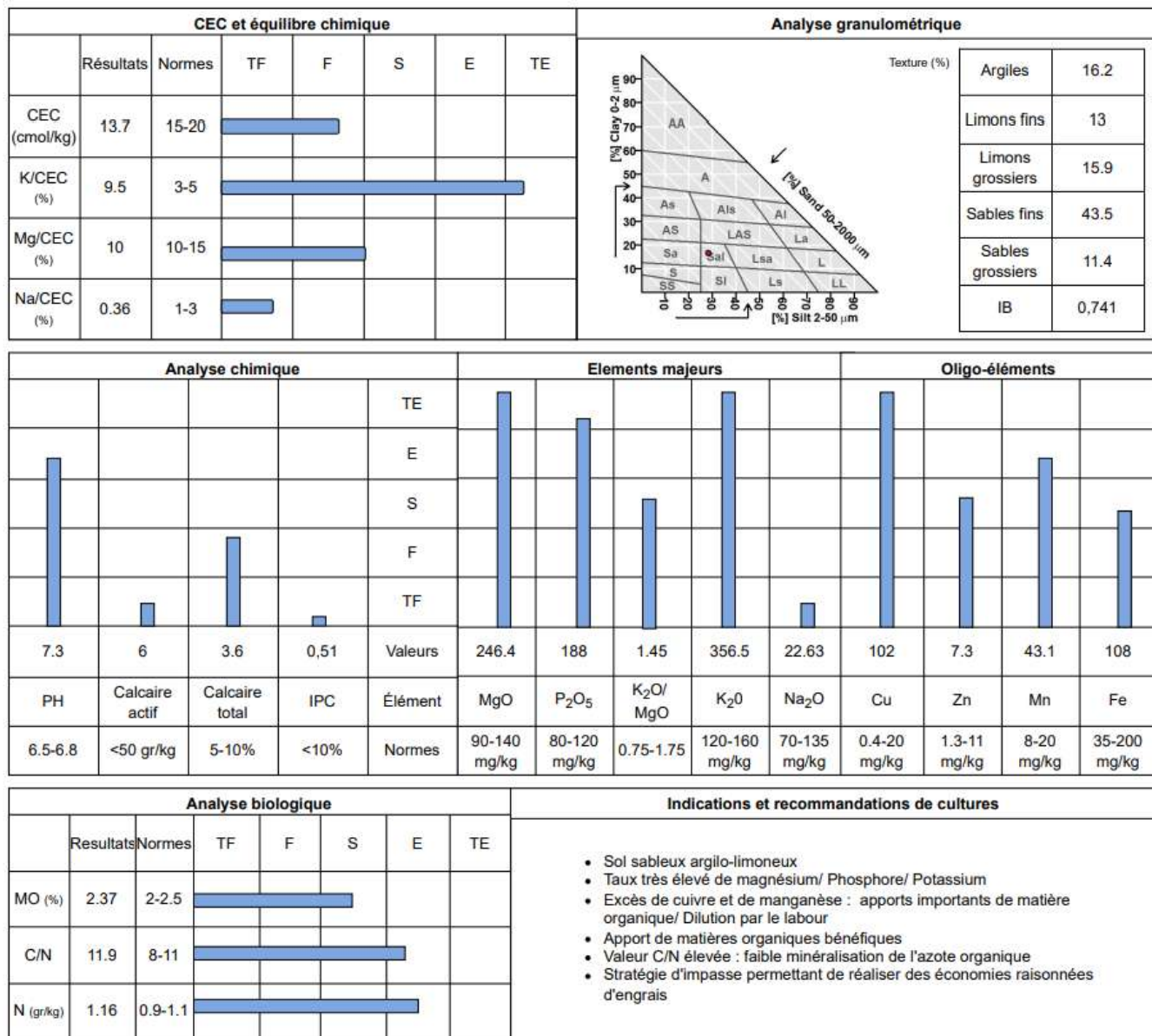
Zone	RU de la texture	Pierrosité	RUM pour 20 cm	RUM pour 1m
A	1	0	20	100
Sal	1.35	0	27	135
LAS + EG	1.65	0.2	26.4	132
LAS	1.65	0	33	165

Annexe 15 : Résultats d'analyse de la fertilité des sols

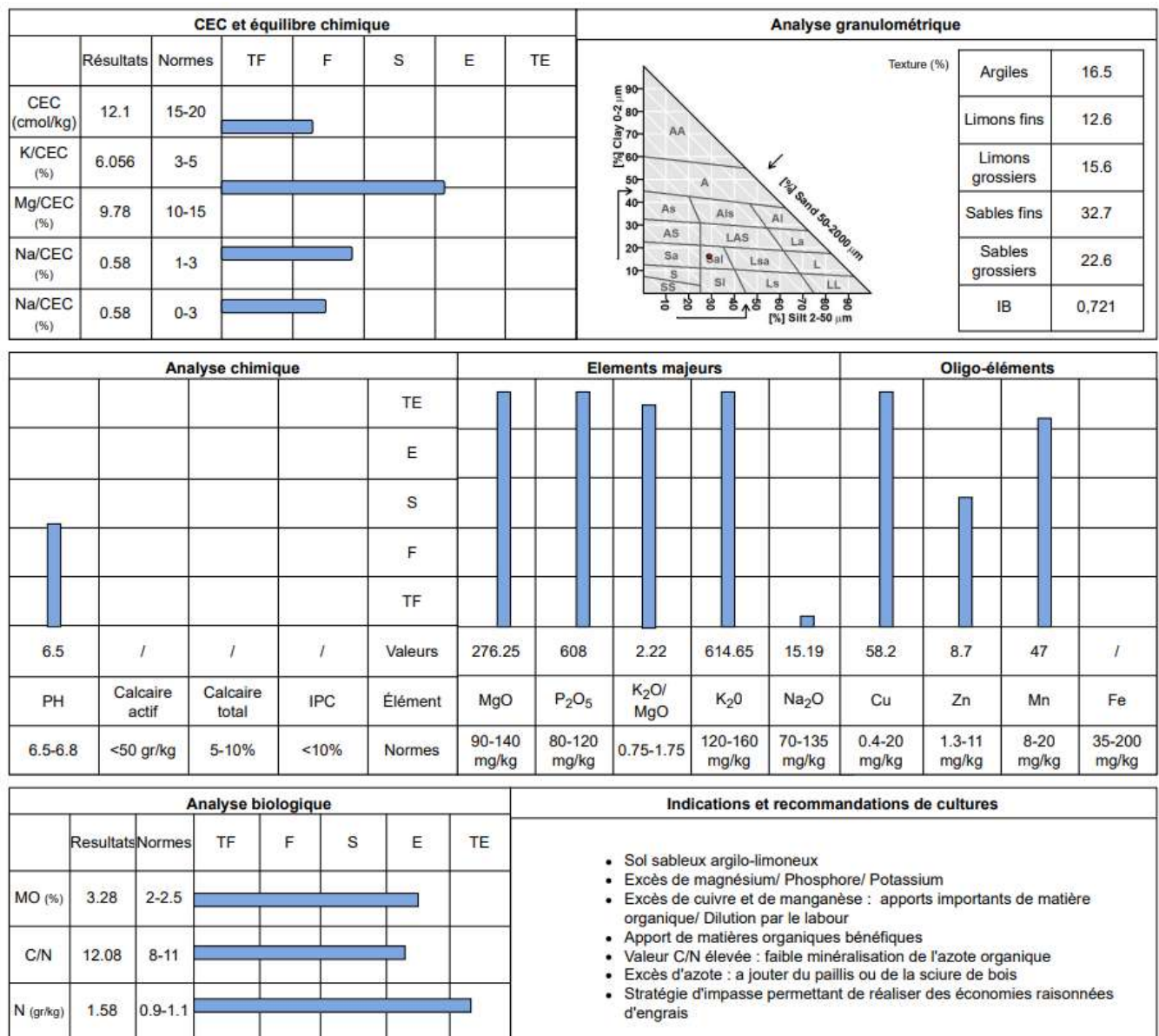
SITE A



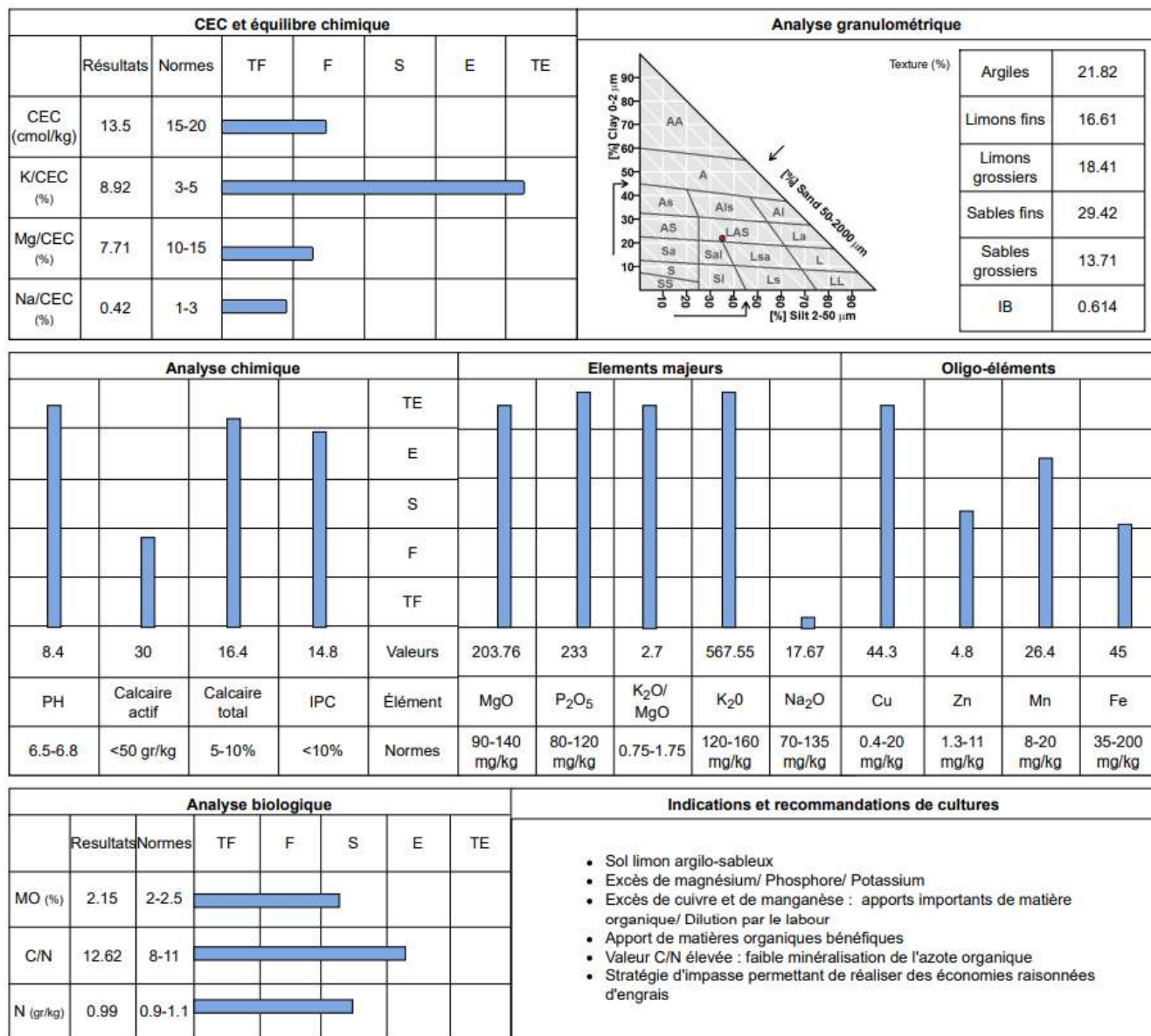
SITE B

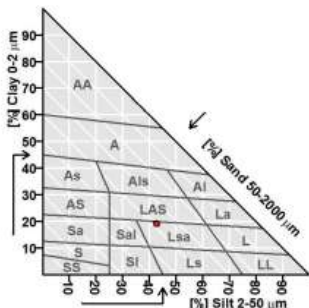


SITE C



SITE D

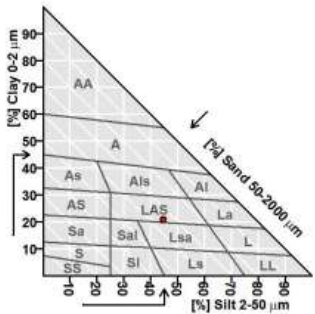


CEC et équilibre chimique								Analyse granulométrique			
	Résultats	Normes	TF	F	S	E	TE	Texture (%)			
CEC (cmol/kg)	12.8	15-20	<div><div></div></div>								
K/CEC (%)	4.87	3-5	<div><div></div></div>								
Mg/CEC (%)	8.97	10-15	<div><div></div></div>								
Na/CEC (%)	0.54	1-3	<div><div></div></div>								
								Argiles	19.2		
								Limons fins	22.2		
								Limons grossiers	20.6		
								Sables fins	22.8		
								Sables grossiers	15.2		
								IB	0.849		

Analyse chimique					Eléments majeurs					Oligo-éléments			
				TE									
				E									
				S									
				F									
				TF									
8.5	60	27.3	8.23	Valeurs	231.32	146	1.27	293.43	21.39	55.8	4.7	19.3	27
PH	Calcaire actif	Calcaire total	IPC	Élément	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O/ MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe
6.5-6.8	<50 gr/kg	5-10%	<10%	Normes	90-140 mg/kg	80-120 mg/kg	0.75-1.75	120-160 mg/kg	70-135 mg/kg	0.4-20 mg/kg	1.3-11 mg/kg	8-20 mg/kg	35-200 mg/kg

Analyse biologique								Indications et recommandations de cultures
	Resultats	Normes	TF	F	S	E	TE	
MO (%)	2.32	2-2.5	<div><div></div></div>					<ul style="list-style-type: none">Sol limon sablo-argileuxSol calcaire /Excès d'azote : a jouter du paillis ou de la sciure de boisExcès de magnésium/ Phosphore/ PotassiumExcès de cuivre : apports importants de matière organique/ Dilution par le labour/Apport de matières organiques bénéfiquesCarence en fer : drainer le sol / Couvrir d'un paillis végétal d'aiguilles de pinValeur C/N élevée : faible minéralisation de l'azote organiqueStratégie d'impasse permettant de réaliser des économies raisonnées d'engrais
C/N	11.74	8-11	<div><div></div></div>					
N (gr/kg)	1.15	0.9-1.1	<div><div></div></div>					

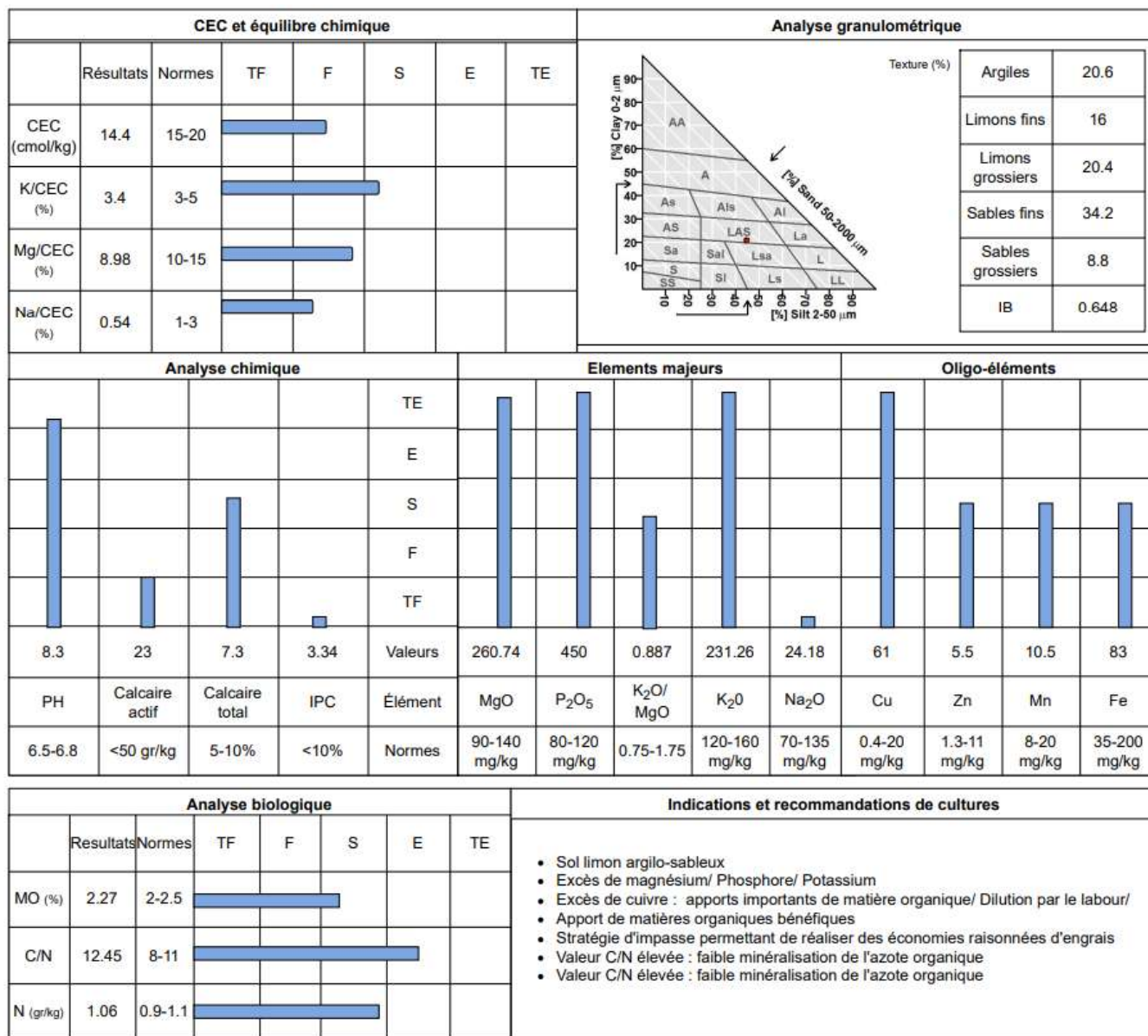
SITE F

CEC et équilibre chimique								Analyse granulométrique					
	Résultats	Normes	TF	F	S	E	TE						
CEC (cmol/kg)	15.9	15-20						Argiles	20.92				
K/CEC (%)	3.057	3-5						Limons fins	20.52				
Mg/CEC (%)	9.29	10-15						Limons grossiers	24.024				
Na/CEC (%)	0.48	1-3						Sables fins	23.42				
								Sables grossiers	11.11				
								IB	0.821				

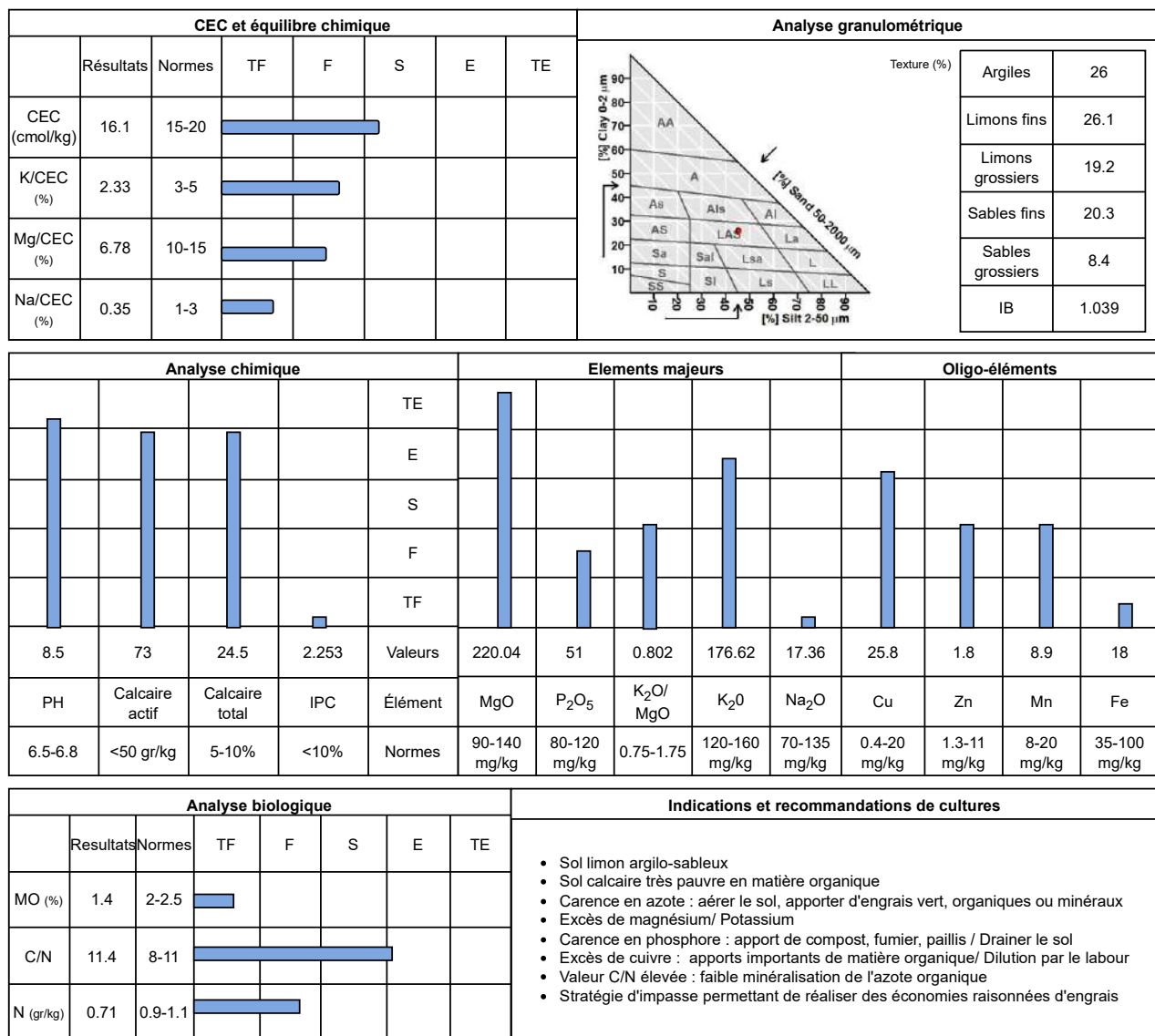
Analyse chimique					Elements majeurs					Oligo-éléments				
				TE										
				E										
				S										
				F										
				TF										
8.4	26	9.1	7.22	Valeurs	297.81	451	0.768	228.91	23.56	87.2	4.7	6.5	60	
PH	Calcaire actif	Calcaire total	IPC	Élément	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O/MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Cu	Zn	Mn	Fe	
6.5-6.8	<50 gr/kg	5-10%	<10%	Normes	90-140 mg/kg	80-120 mg/kg	0.75-1.75	120-160 mg/kg	70-135 mg/kg	0.4-20 mg/kg	1.3-11 mg/kg	8-20 mg/kg	35-200 mg/kg	

Analyse biologique								Indications et recommandations de cultures					
	Resultats	Normes	TF	F	S	E	TE	<ul style="list-style-type: none"> Sol limon argilo-sableux Excès d'azote : a jouter du paillis ou de la sciure de bois Excès de magnésium/ Phosphore/ Potassium Excès de cuivre : apports importants de matière organique/ Dilution par le labour/ Apport de fer Carence en manganèse : semer des engrais vert et les enfouir / Fumier de bovins Apport de matières organiques bénéfiques Stratégie d'impasse permettant de réaliser des économies raisonnées d'engrais 					
MO (%)	2.34	2-2.5											
C/N	10.54	8-11											
N (gr/kg)	1.29	0.9-1.1											

SITE G



SITE H



Annexe 16 : Tableau des résultats des analyses de la chambre d'agriculture de l'Aude

<i>Échantillons</i>	SABLES GROSSIERS	SABLES FINS	LIMONS GROSSIERS	LIMONS FINS	ARGILES	PH
<i>Unité</i>	p.mille					
<i>A1</i>	432	324	77	70	96	7,5
<i>B1</i>	226	327	156	126	165	7,3
<i>C1</i>	114	435	159	130	162	6,5
<i>D1</i>	137	294	184	166	218	8,4
<i>E1</i>	152	228	206	222	192	8,5
<i>F1</i>	111	234	240	205	209	8,4
<i>G1</i>	88	342	204	160	206	8,3
<i>H1</i>	84	203	192	261	260	8,5

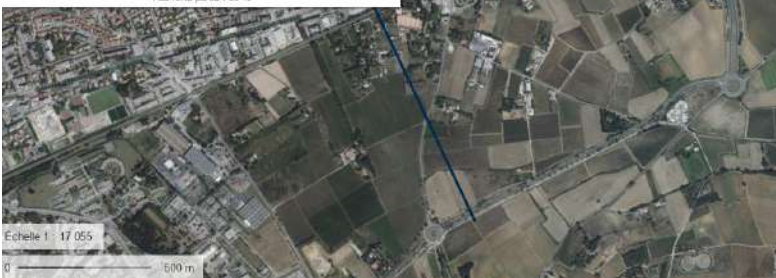
<i>Échantillons</i>	CALCAIRE	CALCAIRE ACTIF	FER	CARBONE	MO	AZOTE TOTAL	C/N
<i>Unité</i>	g/kg	g/kg	mg/kg	g/kg	g/kg	g/kg	
<i>A1</i>	73	6	95	13,2	22,70	1,08	12,22
<i>B1</i>	36	6	108	13,8	23,74	1,16	11,90
<i>C1</i>				19,1	32,85	1,58	12,09
<i>D1</i>	164	30	45	12,5	21,50	0,99	12,63
<i>E1</i>	273	60	27	13,5	23,22	1,15	11,74
<i>F1</i>	91	26	60	13,6	23,39	1,29	10,54
<i>G1</i>	73	23	83	13,2	22,70	1,06	12,45
<i>H1</i>	245	73	18	8,1	13,93	0,71	11,41

<i>Échantillons</i>	PHOSPHATE	CALCIUM	MAGNESIUM	MgO	POTASSIUM	K2O
<i>Unité</i>	jh en mg/kg	cmol+/kg	mg/Kg			
<i>A1</i>	205	Saturé	9,21	185,58	6,36	299,56
<i>B1</i>	188	Saturé	12,23	246,43	7,57	356,55
<i>C1</i>	608	92,86	13,71	276,26	13,05	614,66
<i>D1</i>	233	Saturé	10,41	209,76	12,05	567,56
<i>E1</i>	146	Saturé	11,48	231,32	6,23	293,43
<i>F1</i>	451	Saturé	14,78	297,82	4,86	228,91
<i>G1</i>	450	Saturé	12,94	260,74	4,91	231,26
<i>H1</i>	51	Saturé	10,92	220,04	3,75	176,63

<i>Échantillons</i>	SODIUM	Na2O	CEC	CEC	ZINC	CUIVRE	MANGANESE
---------------------	--------	------	-----	-----	------	--------	-----------

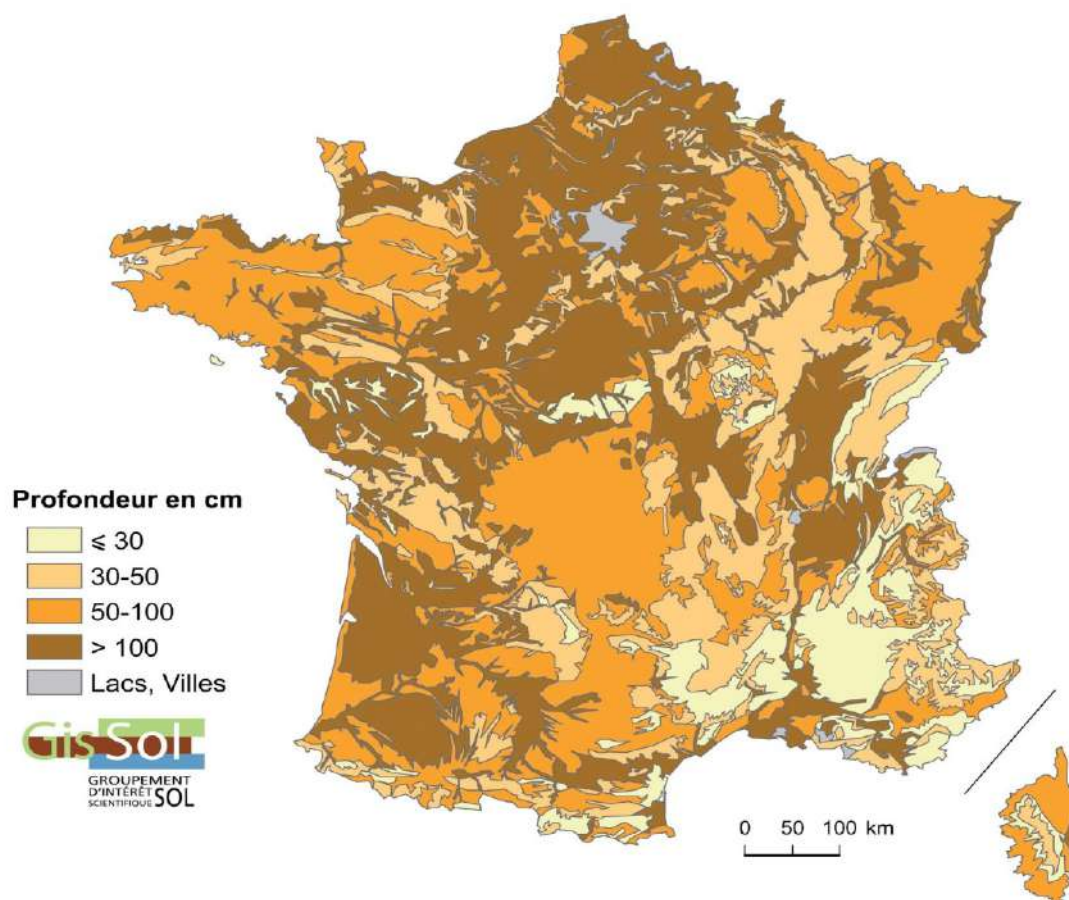
<i>Unité</i>	mg/Kg			cmol+/kg	mg/kg		
<i>A1</i>	0,27	8,37	91	9,1	8,2	32,6	37,7
<i>B1</i>	0,73	22,63	125	12,5	7,3	102	43,1
<i>C1</i>	0,49	15,19	137	13,7	8,7	58,2	47
<i>D1</i>	0,57	17,67	135	13,5	4,8	44,3	26,4
<i>E1</i>	0,69	21,39	128	12,8	4,7	55,8	19,3
<i>F1</i>	0,76	23,56	159	15,9	4,7	87,2	6,5
<i>G1</i>	0,78	24,18	144	14,4	5,5	61	10,5
<i>H1</i>	0,56	17,36	161	16,1	1,8	25,8	8,9

Annexe 17 : Profils altimétriques réalisés sur le Sablassou - source Géoportail



Annexe 18 : Carte de la profondeur des sols en France métropolitaine – source : GISSOL

La profondeur des sols en France métropolitaine

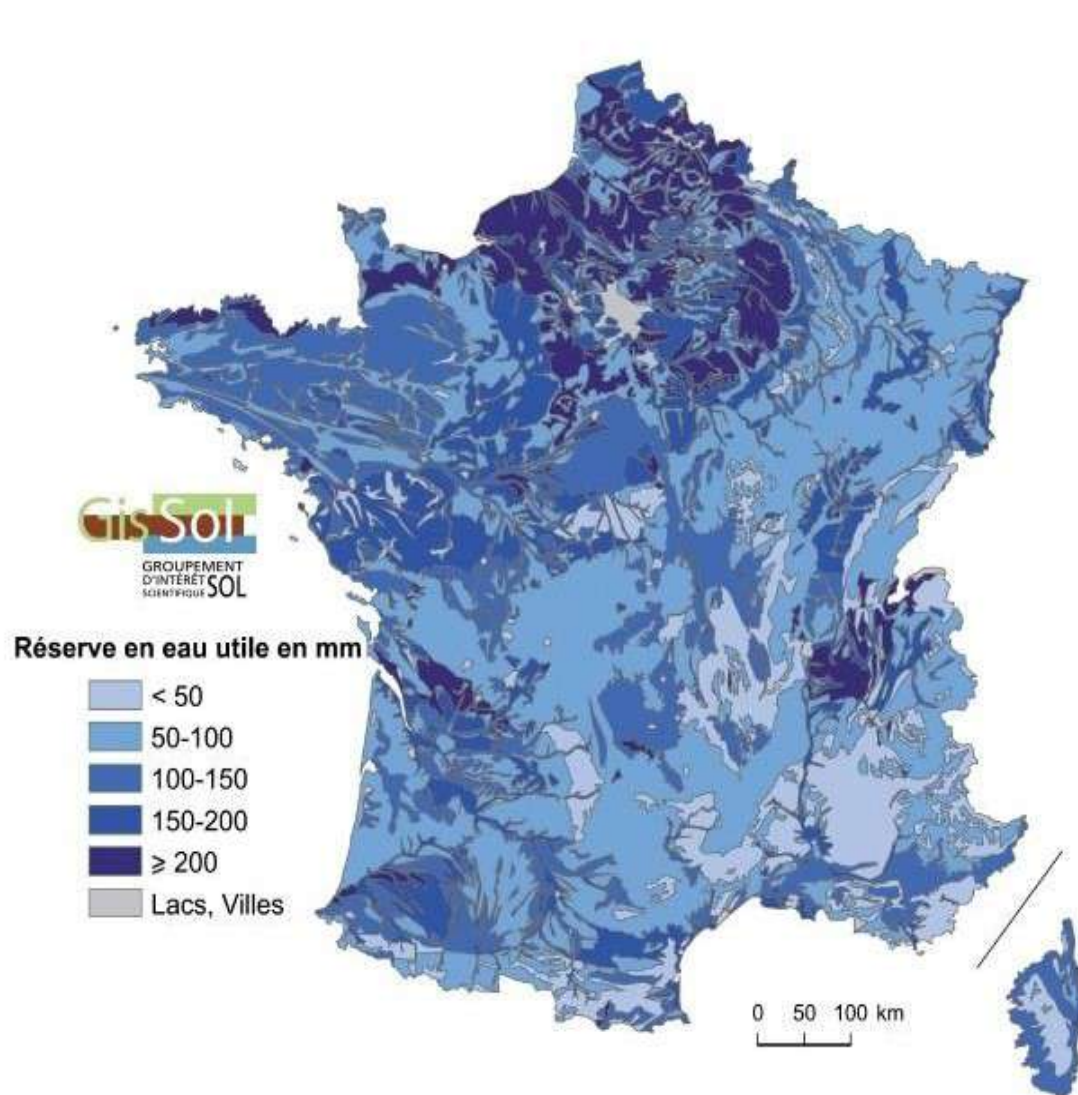


Source : Inra, Base de données géographique des sols de France à 1/1 000 000, 1998.

Annexe 19 : Indices de battance calculés sur les échantillons du Sablassou

Points	Indice de battance
A	0.40
B	0.70
C	0.64
D	0.61
E	0.85
F	0.82
G	0.65
H	1.04
Herbier	0.76

Annexe 20 : Carte des réserves en eau utile en France Métropolitaine - Source : Inra, Base de données Géographique des Sols de France à 1/1 000 000, 1998



Annexe 21 : SIQO recensés à Castelnau-Le-Lez

TYPE DE SIQO	NOM DU PRODUIT
AOP - Appellation d'origine protégée	Huile d'olive du Languedoc
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc blanc
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc Grès de Montpellier
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc La Méjanelle rouge
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc primeur ou nouveau rosé
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc primeur ou nouveau rouge
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc rosé
AOP - Appellation d'origine protégée	Languedoc rouge
AOP - Appellation d'origine protégée	Lucques du Languedoc
AOP - Appellation d'origine protégée	Taureau de Camargue
IG - Indication géographique	Eau-de-vie de vin originaire du Languedoc ou Fine du Languedoc ou Eau-de-vie de vin du Languedoc
IG - Indication géographique	Marc du Languedoc ou Eau-de-vie de marc du Languedoc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bénovie rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Bérange rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cassan rouge

IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Cessenon rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Collines de la Moure rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Bessilles rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Fontcaude rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Laurens rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel rosé

IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux de Murviel rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Coteaux du Salagou rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Brian rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Côtes du Ceressou rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Mont Baudile rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Monts de la Grage rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan blanc Primeur ou Nouveau
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan primeur ou nouveau rouge

IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Bessan rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault Pays de Caux rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Hérault rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc gris de gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc mousseux de qualité blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc mousseux de qualité gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc mousseux de qualité gris de gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc mousseux de qualité rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc mousseux de qualité rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc primeur ou nouveau blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc rouge
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc sur lie blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc sur lie rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc Surmûri gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc Surmûri gris de gris
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc surmûris blanc
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc surmûris rosé
IGP - Indication géographique protégée	Pays d'Oc surmûris rouge
IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi blanc
IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi primeur ou nouveau blanc

IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi primeur ou nouveau rosé
IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi primeur ou nouveau rouge
IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi rosé
IGP - Indication géographique protégée	Terres du Midi rouge
IGP - Indication géographique protégée	Volailles du Languedoc

Annexe 22 : Calcul des stocks de carbone sur le Sablassou

	Zone A	Zone B	Zone C	Zone UC
	1,25	1,25	1,25	1,25
	0,0132	00,01645	0,01218	0,01394
Profondeur	0,3	0,3	0,3	0,3
	4,95	6,16	4,56	5,22
	50	62	46	52
Surface	32,1	27,2	43	38,8
Total C par zone	1590	1678	1966	2031
	5233			2031
	7265			
Total	23871			

Annexe 23 : Calculs du volume d'eau ruisselée sur le Sablassou

Classe texturale	Superficie totale (ha)	Superficie imperméabilisée (ha)	Cimp	P0 (mm)	Pj (mm)	Cr	Ruissellement total (m3)	Ruissellement par ha (m3/ha)
Sable	56,2	2,4	0,04	65	123	0.38	27 905	497
Sable argilo-limoneux	40,3	1,1	0,03	52	123	0.46	23 616	585
Limons argilo-sableux	48,5	0,5	0,01	45	123	0.51	30 588	631
TOTAL	145,0	4,0					82 109	

Cr = Coefficient de ruissellement sur les surfaces non imperméabilisées
P0 = seuil initial de rétention initial du sol pour un couvert cultural et une pente inférieure à 5%
Pj = précipitations sur 24h pour une occurrence quinquennale
Cimp : coefficient d'imperméabilisation

Classe texturale	Coefficient d'imperméabilisation	Ruissellement total (m3)	Ruissellement par ha (m3)	Evolution
Sable	0,50	47 576	847	+70 %
Sable argilo-limoneux	0,50	36 270	899	+ 67%
Limons argilo-sableux	0,50	44 949	927	+ 54%
TOTAL		128 795		+57 %