

DIAGNOSTIC AGRICOLE

Evaluation du potentiel agricole des sols



Commanditaire : CHU Hospitalier Tarbes-Lourdes

Commune de Lanne (65)

AGROSOL

230 rue de Villers Châtel

62690 CAMBLIGNEUL

Tel : 09.87.88.71.93 / 06 70 48 57 96

hperu@agrosol.fr

Novembre 2024

SOMMAIRE

1.	Présentation du bureau d'étude AGROSOL.....	5
2.	Contexte.....	6
2.1	Conditions de réalisation de la prospection pédologique.....	6
2.2	Description de la zone d'étude.....	6
3.	Cartographie du secteur de l'étude.....	12
3.1	Méthode.....	12
3.1.1	Réalisation des sondages.....	12
3.1.2	Cartographie de la zone.....	14
3.1.3	Analyse de sol.....	15
3.2	Réalisation de la carte des sols.....	17
4.	Aptitude agricole des sols	21
4.1	Méthode « sous prairie ».....	21
4.2	Méthode « grandes cultures »	22
4.3	Limites à la méthode.....	23
4.4	Application de la méthode aux sols de la zone d'étude.....	23
4.4.1	Sols de l'UTS 1	23
4.4.2	Sols de l'UTS 2	24
4.4.3	Sols de l'UTS 3	25
4.4.4	Sols de l'UTS 4	26
4.4.5	Sols de l'UTS 5	26
4.4.6	Sols de l'UTS 6	27
4.4.7	Sols de l'UTS 7	27
4.4.8	Sols de l'UTS 8	28
4.5	Conclusion.....	30
4.5.1	Potentiel agronomique des sols sous prairie.....	30
4.5.2	Potentiel agronomique des sols sous culture	30
5.	Etude et dénombrement de la macrofaune.....	33
5.1	Méthode.....	33
5.2	Résultats	34
6.	Etude de l'état structurale du sol	35
	Bibliographie	37
	Annexes	38

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Triangle des textures du GEPPA (Source : Strate et horizon).....	13
---	----

TABLE DES PHOTOS

Photo 1 : Vue des parcelles en prairie sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)	7
Photo 2 : Vue des parcelles en culture sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)	7
Photo 3 : Vue la zone en friche sur la zone d'étude (Agrosol, 2024).....	8
Photo 4 : Mouillère présente sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)	8

TABLE DES CARTOGRAPHIES

Carte 1 : Localisation globale de la zone d'étude.	9
Carte 2 : Occupation des sols de la zone d'étude.....	10
Carte 3 : Carte géologique de la zone d'étude.	11
Carte 4 : Localisation des sondages et des prélèvements.	16
Carte 5 : Délimitation des Unités Cartographiques de Sols (UCS).....	20
Carte 6 : Potentiel agronomique des sols de la zone d'étude.	32
Carte 7 : Localisation des mesures au pénétromètre.....	35

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Système de classification.....	22
Tableau 2 : Informations et classement du sol de l'UTS 1 sous prairie.....	23
Tableau 3 : Informations et classement du sol de l'UTS 1 sous culture.....	24
Tableau 4 : Informations et classement du sol de l'UTS 2 sous prairie.....	24
Tableau 5 : Informations et classement du sol de l'UTS 3 sous prairie.....	25
Tableau 6 : Informations et classement du sol de l'UTS 3 sous culture.....	25
Tableau 7 : Informations et classement du sol de l'UTS 4 sous culture.....	26
Tableau 8 : Informations et classement du sol de l'UTS 5 sous culture.....	26
Tableau 9 : Informations et classement du sol de l'UTS 6 sous prairie.....	27
Tableau 10 : Informations et classement du sol de l'UTS 7 sous prairie.....	27
Tableau 11 : Informations et classement du sol de l'UTS 7 sous culture.....	28
Tableau 12 : Informations et classement du sol de l'UTS 8 sous prairie.....	28
Tableau 13 : Informations et classement du sol de l'UTS 8 sous culture.....	29
Tableau 14 : Tableau récapitulatif des résultats pour une prairie.	30
Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats pour une culture.....	30
Tableau 16 : Tableau récapitulatif des résultats des test moutarde	34

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Photos des sondages de l'étude de Lanne.	38
Annexe 2 : Résultats analyse, prélèvement 1.	42
Annexe 3 : Résultats analyse, prélèvement 2.	43
Annexe 4 : Résultats analyse, prélèvement 3.	44
Annexe 5 : Résultats analyse, prélèvement 4.	45
Annexe 6 : Résultats analyse, prélèvement 5.	46
Annexe 7 : Résultats analyse, prélèvement 6.	47
Annexe 8 : Résultats analyse, prélèvement 7.	48
Annexe 9 : Résultats analyse, prélèvement 8.	49
Annexe 10 : Résultats analyse, prélèvement 9.	50
Annexe 11 : Résultats analyse, prélèvement 10.....	51
Annexe 12 : Résultats analyse, prélèvement 11.....	52
Annexe 13 : Résultats analyse, prélèvement 12.....	53
Annexe 14 : Résultats analyse, prélèvement 13.....	54
Annexe 15 : Résultats analyse, prélèvement 14.....	55
Annexe 16 : Détails de la méthodologie utilisée (Source : CEREMA).	56

1. PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE AGROSOL

AGROSOL, bureau d'études en agronomie installé à Cambligneul (62), est reconnu aujourd'hui comme spécialiste des sols auprès d'institutions, d'administrations, d'Agences de l'eau, de bureaux d'études ainsi que de nombreux exploitants.

Fort de l'expertise de son équipe, fruit de l'expérience acquise sur le terrain et de la complémentarité des cursus, AGROSOL est à même de fournir des offres spécifiques marquées par une réactivité, un sérieux et des compétences qui font la différence :

- Évaluation de la potentialité des sols
- Évaluation des risques d'érosion ;
- Diagnostic agricole ;
- Étude de compensation agricole dans le cadre d'expropriation foncière
- Étude de l'aptitude des sols à l'épandage ;
- Délimitation de zones humides ;
- Études de compensation environnementale ;
- Collaboration dans des projets de recherche-développement ;
- Agriculture de précision



2. CONTEXTE

2.1 Conditions de réalisation de la prospection pédologique

La présente étude a été commanditée par la Centre Hospitalier de Tarbes-Lourdes sur des parcelles agricoles situées sur la commune de Lanne, dans le département des Hautes-Pyrénées (65).

Le but de cette prospection pédologique est d'appréhender le potentiel agronomique de la zone, soit son potentiel de production.

La surface totale de la zone d'étude est d'environ 14,71 hectares* (Carte 1).

*Surface calculée informatiquement à partir d'un Système d'Information Géographique

2.2 Description de la zone d'étude

La zone d'étude est composée de plusieurs parcelles agricoles, étant soit en prairies pâturées par des troupeaux de bovins (au sud du site d'étude), soit en culture sur la partie nord (résidus de maïs présents lors de la campagne de terrain). Enfin une parcelle à l'ouest est en friche. Quelques mouillères ont été remarquées lors des passages sur le terrain, notamment en bas de pente entre les sondages n°5 et n°6 (Carte 4).

La zone d'étude est marquée par un relief important (pente de 5 à 7%) sur la parcelle en maïs.

Les sols étudiés se sont développés sur trois strates géologiques (Carte 3) :

- Des Alluvions récentes : galets, graviers, sables et limons ;
- Des Alluvions anciennes du Riss
- Des Flyschs Noir ardoisiers de Bigorre.



Photo 1 : Vue des parcelles en prairie sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)



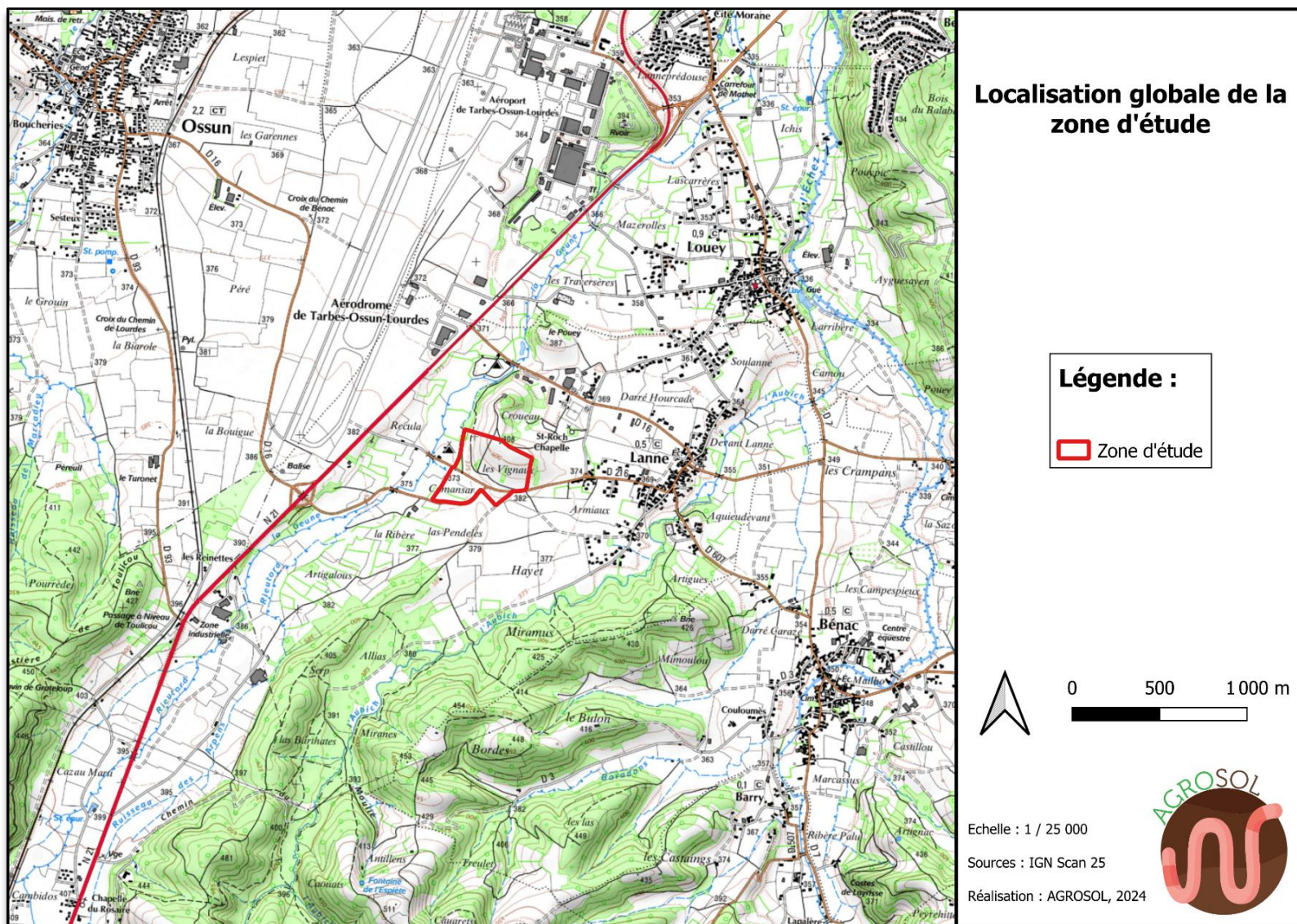
Photo 2 : Vue des parcelles en culture sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)



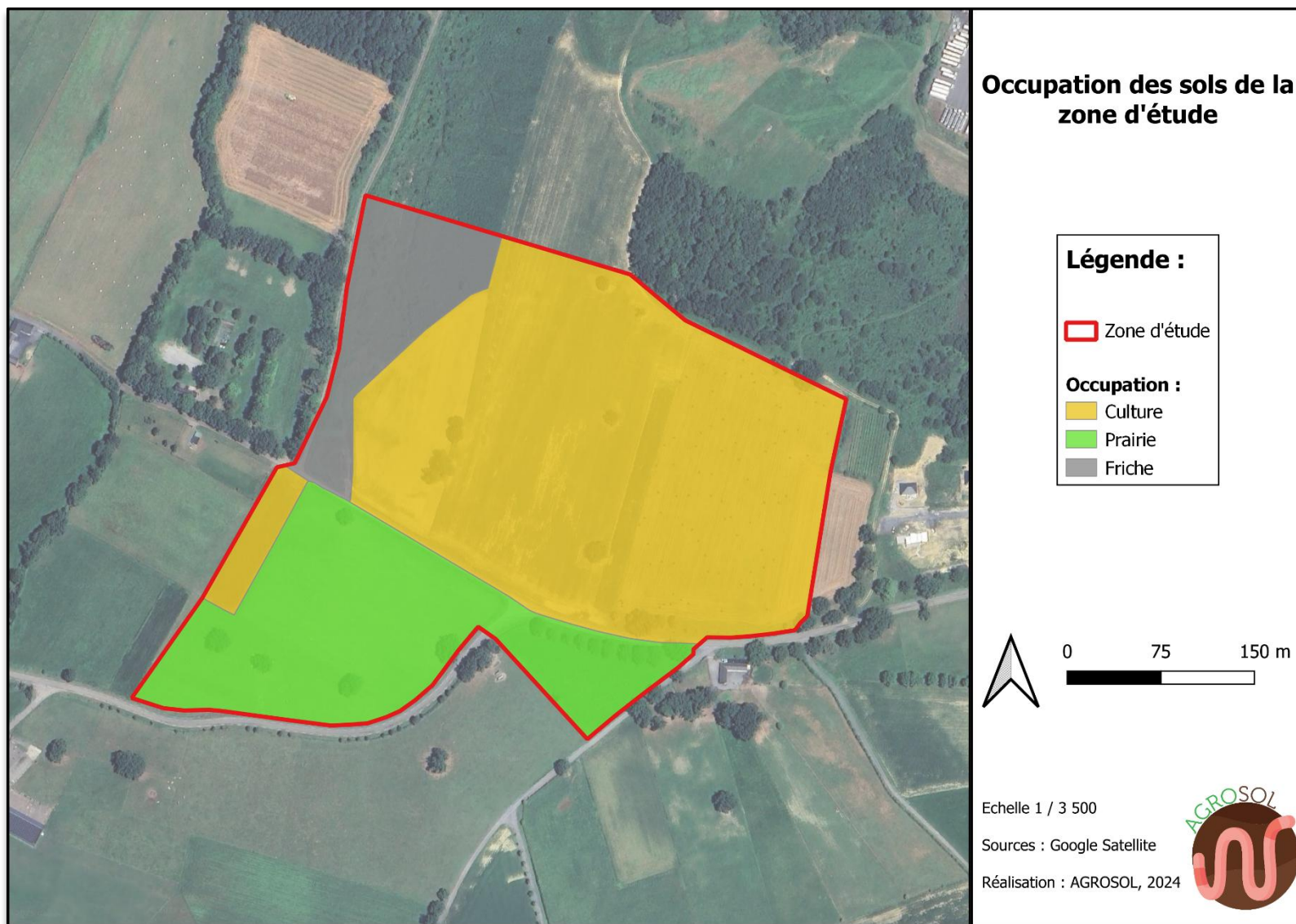
Photo 3 : Vue la zone en friche sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)



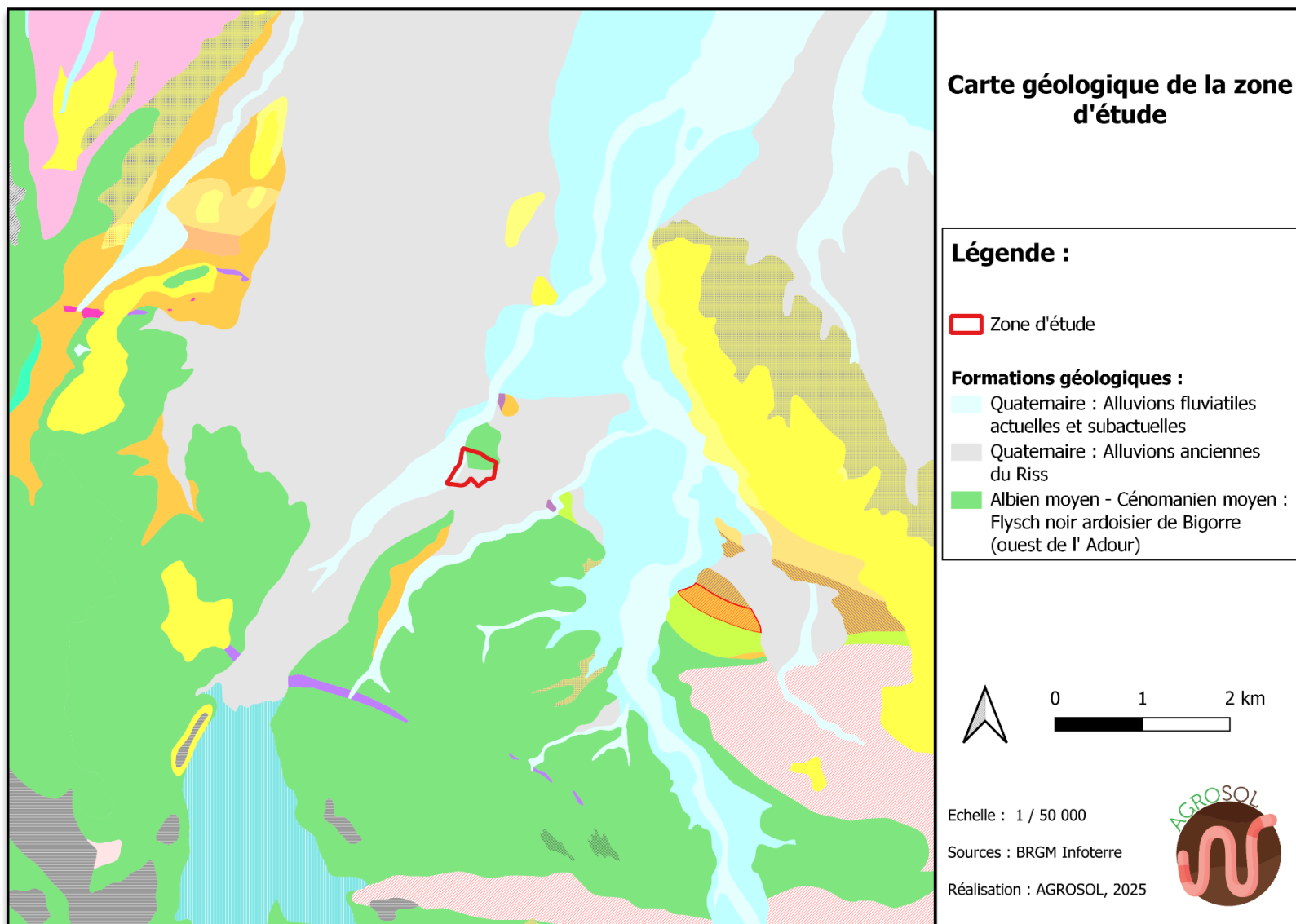
Photo 4 : Mouillère présente sur la zone d'étude (Agrosol, 2024)



Carte 1 : Localisation globale de la zone d'étude.



Carte 2 : Occupation des sols de la zone d'étude.



Carte 3 : Carte géologique de la zone d'étude.

3. CARTOGRAPHIE DU SECTEUR DE L'ETUDE

3.1 Méthode

3.1.1 Réalisation des sondages

La pression de sondages dans le cadre d'une étude de potentialité agronomique des sols est de 1 sondage pour 2-3 hectares minimum ; cette échelle permet l'édition de carte des sols avec une précision à l'échelle de la parcelle agricole. Ceux-ci sont placés de manière à rendre compte de la topographie des parcelles selon la méthode de lecture du pédopaysage (dite méthode Jamagne) et le changement d'unité typologique de sol observé sur le terrain pendant la prospection, tout en respectant la pression de sondage mentionnée ci-dessus. Dans le cas présent, 16 sondages ont été réalisés au total et placés comme indiqué sur la Carte 4.

Pour chacun des horizons de chaque sondage sera décrit :

- La profondeur et épaisseur ;
- La couleur ;
- La texture ;
- L'état d'humidité ;
- La présence de calcaire (test HCl à froid dilué au 1/5) ;
- La détermination et estimation de la quantité d'éléments grossiers ;
- Les traces d'hydromorphie.

Chacun des sondages sera affecté à un type de sol, lui-même nommé selon le Référentiel Pédologique français de 2008.

L'ensemble des sondages et prélèvements ont été réalisés avec une tarière manuelle.

Texture

La dénomination de la texture est déterminée selon le triangle du GEPPA (Groupe d'Étude pour les Problèmes de Pédologie Appliquée). L'appréciation de la texture se fait in-situ à dire de pédologue en fonction des règles de perception tactile (seule une pratique régulière de pédologue permet de garantir la fiabilité de la texture). Pour compléter ces observations, des analyses granulométriques au laboratoire sont effectuées.

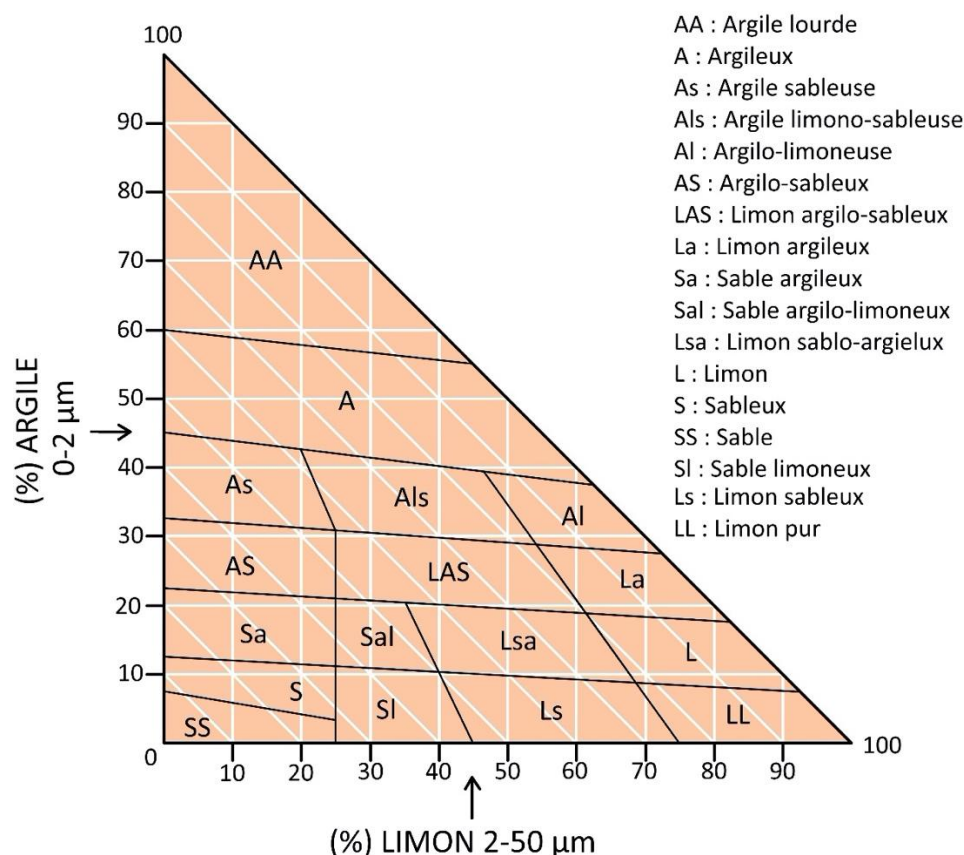


Figure 1 : Triangle des textures du GEPPA (Source : Strate et horizon)

Charge en éléments grossiers

Selon le Référentiel Pédologique de 2008, la dimension et la dénomination des éléments grossiers rencontrés est la suivante :

- 0,2 / 2 cm : graviers ;
- 2 / 7,5 cm : cailloux ;
- 7,5 / 20 cm : pierres ;
- > 20 cm : blocs.

La charge en éléments grossiers ne représente que la part de graviers et cailloux dans le sol.

Profondeur et réserve utile

La profondeur d'un sol correspond à l'épaisseur potentiellement colonisable par les racines. Sa connaissance intervient directement dans le calcul de la réserve utile (RU).

Cette réserve utile est fonction des derniers éléments cités, à savoir la profondeur, la texture et la teneur en éléments grossiers. Elle représente la quantité d'eau maximale que le sol peut contenir et restituer aux racines pour les plantes.

Cette réserve utile est estimée pour chaque unité pédologique identifiée. D'après les données du GISSOL, la réserve utile est calculée de la manière suivante :

$$RU = \sum_{i=1}^n (RUt_i \times H_i \times (1 - \%EG_i/100))$$

RU : réserve utile (mm d'eau /cm de sol) ;

Avec pour chaque horizon i allant de 1 à n (sur la profondeur de sol prospectée par les racines) :

- RU_i : réserve utile texturale (mm d'eau /cm de sol) ;
- H_i : épaisseur (cm) ;
- EG_i : éléments grossiers présents (exprimé en pourcentage du volume total de l'horizon occupé par les éléments grossiers) ;

Toutefois, il est aussi important de souligner qu'un sol possédant une faible réserve utile peut posséder une aptitude agronomique importante si l'irrigation est pratiquée ou si la culture est adaptée (exemple : vigne).

Hydromorphie

L'hydromorphie est la qualité d'un sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau, généralement durant l'hiver. L'hydromorphie accroît les risques d'écoulement superficiel et d'asphyxie des sols (appauvrissement en oxygène), et par voie de conséquence, empêche le développement des micro-organismes épurateurs aérobies et limite celui des racines.

Cette privation en oxygène influe fortement sur deux grands facteurs de la pédogenèse :

- Le fer, oxydé en milieu aéré se réduit en milieu asphyxiant ;
- La matière organique, dont la vitesse de décomposition et d'humification est d'autant plus réduite par l'asphyxie que celle-ci est prolongée.

On distingue généralement deux grands types d'hydromorphisme :

- L'hydromorphie temporaire, formant des pseudogley dans lequel le fer se trouve majoritairement à l'état oxydé ;
- L'hydromorphie permanente, formant des gley dans lesquels le fer se trouve majoritairement réduit.

3.1.2 Cartographie de la zone

L'ensemble des sondages permettent de déterminer des UTS (Unités Typologiques de Sol).

A partir de ces UTS (Unités Typologiques de Sol) et en fonction de leur complexité, des Unités Cartographiques de Sol (UCS) seront délimitées. C'est à partir de cette carte des sols que sera défini le potentiel agronomique de la parcelle.

Le plan d'échantillonnage est pré-élaboré au bureau en tenant compte de la géologie, l'occupation du sol, la topographie puis affiné sur le terrain à partir des différences observées entre les sondages pédologiques.

Une unité de sol homogène (ou UCS), correspond à la représentation cartographique des sondages pédologiques ayant des caractéristiques pédologiques similaires.

3.1.3 Analyse de sol

Dans le cadre de l'étude, des analyses de sol sont effectuées pour les unités pédologiques les plus représentées. Ces analyses sont prélevées par le bureau d'études AGROSOL et analysées par le laboratoire AUREA Agrosiences, agréé par le ministère de l'Agriculture et de la Pêche et accrédité par le Comité Français d'Accréditation.

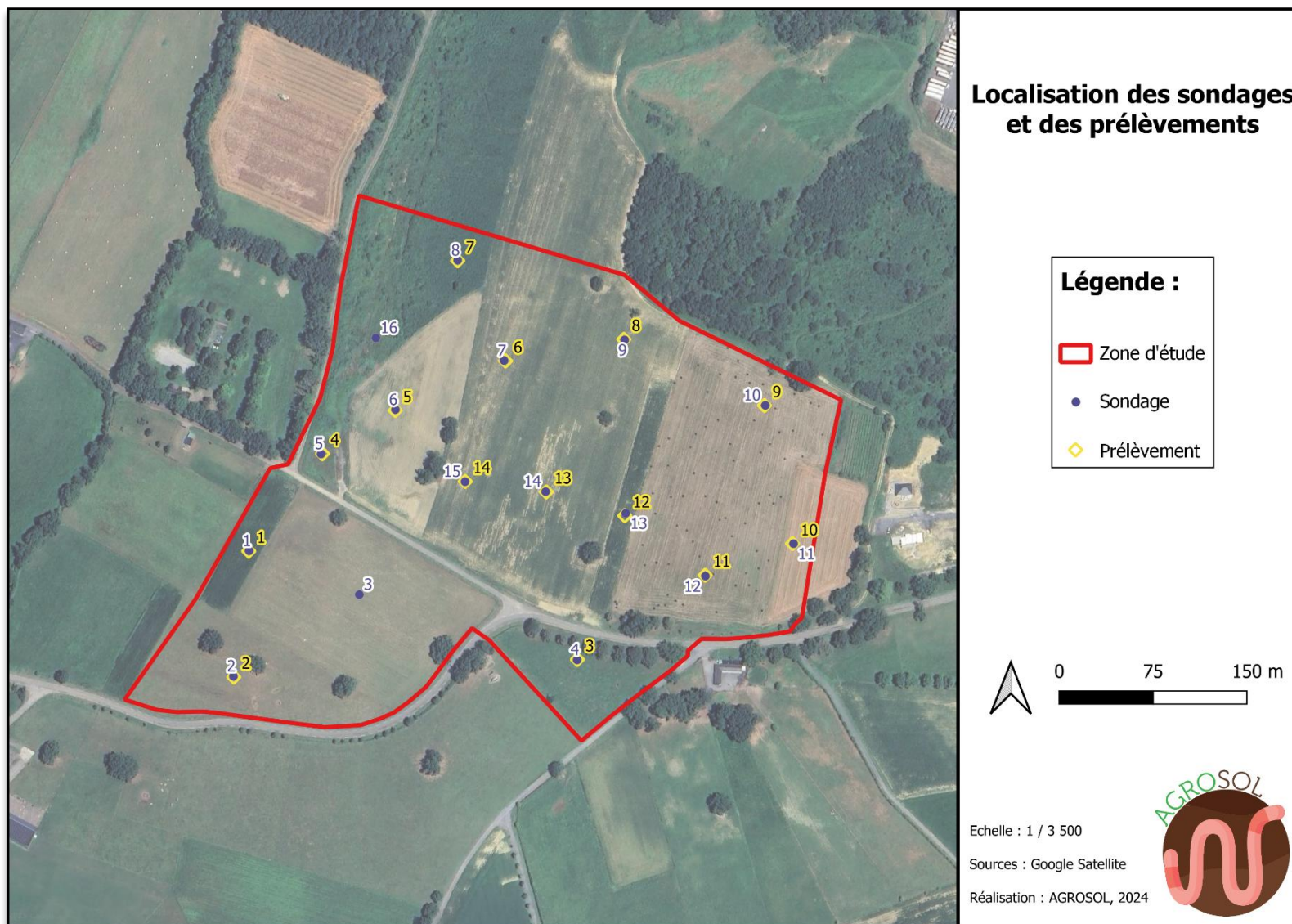
Les éléments analysés selon les normes en vigueur sont les suivants :

- Granulométrie 5 fractions ;
- Teneur en Calcium échangeable, Carbone organique total, Carbonates de calcium ;
- Phosphore, Potassium, Magnésium ;
- pH eau, pH KCl.

Les analyses sont annexées en fin de dossier.

Un total de 14 prélèvements a été réalisé sur l'horizon travaillé 0-20 cm pour une analyse agronomique physico-chimique (Annexe 2 à Annexe 15). Le mode opératoire de prélèvement a suivi un échantillonnage de 12 prélèvements réalisés sur le périmètre d'un cercle de 10 mètres de diamètre, géoréférencé en son centre. L'emplacement des prélèvements est indiqué sur la Carte 4

L'ensemble des sondages et prélèvements ont été réalisés avec une tarière manuelle.



Carte 4 : Localisation des sondages et des prélèvements.

3.2 Réalisation de la carte des sols

L'interprétation des 16 sondages indique que les sols de la zone d'étude sont à dominante argilo-limoneuse, avec un gain en argile en profondeur pour certains sondages. Des traits d'hydromorphie marqués ont été relevés pour quelques sondages.

Huit Unités Typologiques de Sols (UTS) ont été définies, selon la présence ou non de traits d'hydromorphie et le matériel parental. Ces huit UTS sont représentatives de trois Unité Cartographique de Sols (UCS) de la manière suivante :

- L'UCS 1 est composée de l'UTS 1, de l'UTS 2 et de l'UTS 3 ;
- L'UCS 2 est composée de l'UTS 4, de l'UTS 5 et de l'UTS 6 ;
- L'UCS 3 est composée de l'UTS 7 et de l'UTS 8.

Leur répartition dans l'espace est illustrée sur la Carte 5.

UTS 1 :

0 à 25-30 cm : limon sablo-argileux à limon argilo-sableux, brun à brun franc, non carbonaté, sain,
25-30 à 45-75 cm : argile limono-sableuse, brun à brun clair, non carbonaté, sain,
Au-delà de 45-75 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL limono-sablo-argileux à limono-sablo-argileux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, sain, issu des Alluvions anciennes du Riss**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 4, 11

UTS 2 :

0 à 35 cm : limon argilo-sableux, brun franc à brun foncé, non carbonaté, sain,
Au-delà de 35 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL limono-argilo-sableux, leptique, sain, issu des Alluvions anciennes du Riss**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondage : 2

UTS 3 :

0 à 20-50 cm : limon argilo-sableux, brun à brun franc, non carbonaté, sain,
20-50 à 90-100 cm : argile limono-sableuse, brun, non carbonaté, sain.
Au-delà de 90-100 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL limono-argilo-sableux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, pachique, sain, issu des Alluvions anciennes du Riss et des Flyschs Noir ardoisiers de Bigorre**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 8, 12, 15,

UTS 4 :

0 à 30-35 cm : limon argilo-sableux, brun, non carbonaté, sain,
30-35 à 70-75 cm : argile limono-sableuse, brun taché de rouille, non carbonaté, présence significative de taches rouille rédoxiques formant un horizon « g ».
Au-delà de 70-75 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL-REDOXISOL limono-argilo-sableux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, issu des Alluvions anciennes du Riss et des Flyschs Noir ardoisiers de Bigorre**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 7, 9, 13

UTS 5 :

0 à 30-35 cm : limon argilo-sableux, brun, non carbonaté, sain,
30-35 à 95 cm : argile limono-sableuse, brun taché de rouille, non carbonaté, présence significative de taches rouille rédoxiques formant un horizon « g ».
Au-delà de 90 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL-REDOXISOL limono-argilo-sableux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, pachique, issu des Flyschs Noir ardoisiers de Bigorre**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 10, 14

UTS 6 :

0 à 35 cm : limon argilo-sableux, brun, non carbonaté, sain,
35 à 70 cm : argile limono-sableuse, brun clair, non carbonaté, sain,
70 à 105 cm : argile limono-sableuse, brun clair taché de rouille, non carbonaté, présence significative de taches rouille rédoxiques formant un horizon « g ».

Le sol peut être qualifié de **BRUNISOL limono-argilo-sableux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, rédoxique, pachique, issu d'Alluvions et de Flyshs**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 3

UTS 7 :

0 à 25-40 cm : limon sablo-argileux, brun franc, non carbonaté, sain,
Au-delà de 25-40 cm : Arrêt du sondage sur couche impénétrable.

Le sol peut être qualifié de **FLUVIOSOL TIPYQUE limono-sablo-argileux, issu des Alluvions fluviales actuelles**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 1, 5

Note : pour le sondage n°5, charge en éléments grossier de 10% de cailloux non calcaire.

UTS 8 :

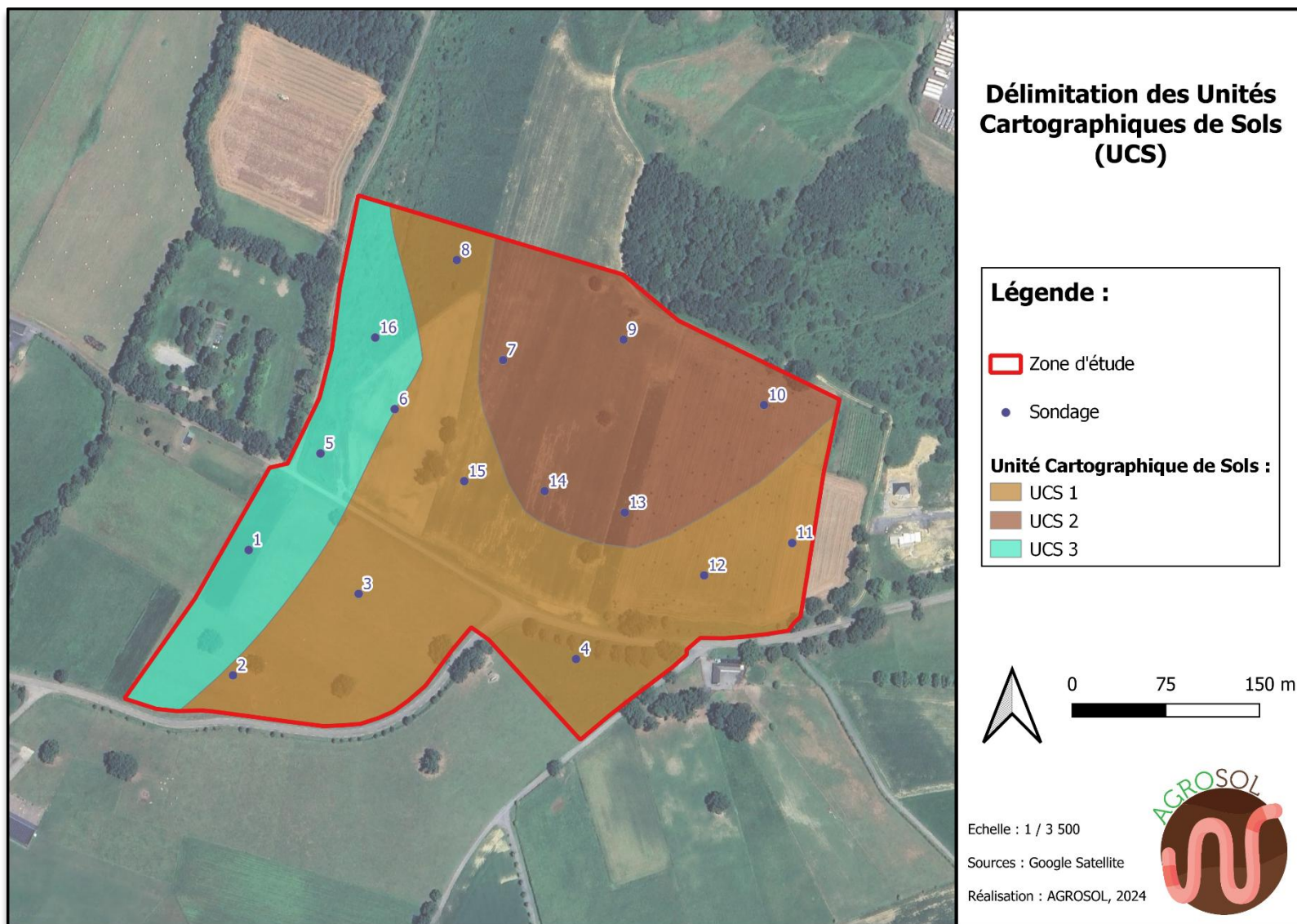
0 à 20-50 cm : limon argilo-sableux, brun à brun noir, non carbonaté, sain,

20-50 à 70-80 cm : argile limoneuse, brun, non carbonaté, sain,

70-80 à 120 cm : argile limoneuse, brun taché rouille, non carbonaté, présence significative de taches rouille rédoxiques formant un horizon « g ».

Le sol peut être qualifié de **FLUVIOSOL TYPIQUE limono-argilo-sableux en surface et argilo-limono-sableux en profondeur, rédoxique, issu des Alluvions fluviales actuelles**, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 2008).

Sondages : 6, 16



Carte 5 : Délimitation des Unités Cartographiques de Sols (UCS).

4. APTITUDE AGRICOLE DES SOLS

Deux méthodes distinctes seront utilisées afin de différencier les prairies permanentes et les grandes cultures, ces deux types de productions n'ayant pas les mêmes exigences.

4.1 Méthode « sous prairie »

Les parcelles situées au sud de la zone d'étude sont occupées par des prairies, et une parcelle est en friche sur l'ouest du site, il convient donc de déterminer le potentiel agronomique du sol à la production de la prairie. La méthodologie habituellement utilisée a été calibrée pour une utilisation sur grandes cultures, or pour de multiples raisons (présence de plusieurs espèces, pluri annualité, ...) la prairie est un système globalement moins exigeant. Aucune méthodologie n'ayant été publiée pour être appliquée aux prairies, une grille de notation a été construite, à partir d'informations, trouvées dans différentes sources, sur les caractéristiques du sol pouvant enrayer le développement de la prairie.

Deux principaux facteurs ont ainsi pu être déterminés (Herbes et fourrages Centre, 2016 - DELAGARDE, 2018) :

- La profondeur du sol,
- L'hydromorphie.

Les seuils pour le classement du potentiel sont les suivants (**les deux critères ne doivent pas forcément se cumuler, on retient le plus contraignant pour le classement final**) :

Critères	Potentiel agronomique		
	Faible	Moyen	Fort
Hydromorphie	Traits rédoxiques ou réductiques apparaissant avant 10 cm, et se prolongeant en profondeur	Traits rédoxiques ou réductiques apparaissant entre 10 et 50 cm, et se prolongeant en profondeur	Traits rédoxiques au-delà de 50 cm de profondeur à aucun traits d'hydromorphie
Profondeur prospectable par les racines (plantesfourrageres.org)	10 cm	10/15 cm	Plus de 15 cm

4.2 Méthode « grandes cultures »

Le potentiel agronomique des sols est défini selon la méthodologie élaborée dernièrement par le CEREMA en collaboration avec d'autres structures (BRANCHU et al. 2022), dans le cadre du projet MUSE.

Ainsi, cette méthode de scoring propose d'attribuer à 5 paramètres une note sur 5, les paramètres sont les suivants :

- La réserve utile en eau,
- La texture de surface,
- Le pH,
- La profondeur de sol,
- La teneur en élément grossier.

À ces critères permettant d'aboutir à une **note sur 25**, se rajoutent des **critères déclassants (« contraintes potentielles » dans le Tableau 1)**. Il s'agit de caractéristiques ne conférant pas de potentiel agronomique particulier à la parcelle mais pouvant atteindre ce dernier sous certaines conditions :

- L'hydromorphie,
- La pente,
- La salinité,
- La contamination,

Les deux derniers ne sont concernés que dans des contextes très particulier.

Les détails sont en Annexe 16.

L'évaluation a été réalisée à partir des caractéristiques pédologiques des UTS (description des sondages) puis des résultats des analyses au laboratoire pour les caractéristiques chimiques.

À l'issue de cet exercice d'évaluation du potentiel agronomique, une carte thématique du potentiel agronomique des sols sera produite en hiérarchisant les unités de sol selon les 5 classes présentées ci-dessous.

Tableau 1 : Système de classification

Note finale	Classe	Aptitude
≥ 20	5	Aptitude très élevée (attention aux contraintes potentielles)
17-19	4	Aptitude élevée (attention aux contraintes potentielles)
14-16	3	Aptitude moyenne (attention aux contraintes potentielles)
11-13	2	Aptitude faible (attention aux contraintes potentielles)
≤ 10	1	Aptitude très faible (attention aux contraintes potentielles)

4.3 Limites à la méthode

L'objectif de la méthode est d'estimer le potentiel agronomique d'un sol en combinant différents facteurs pour atteindre une note globale. Si cette méthode est idéale pour considérer une combinaison de différents facteurs, elle peut cependant gommer l'effet de certains facteurs discriminants (avec une note très basse).

La présente étude permet de qualifier le potentiel **intrinsèque** du sol en s'affranchissant des facteurs extérieurs pouvant avoir un impact direct sur la culture (climat, pratiques agronomiques, irrigation, drainage ...).

Ainsi, l'agronome sera en mesure de nuancer les résultats obtenus par cette méthode à partir de sa connaissance du milieu (météo, ...) ou encore d'éventuels aménagements susceptibles de lever l'aspect discriminant de certains paramètres (drainage, irrigation, pratiques agronomiques, ...).

4.4 Application de la méthode aux sols de la zone d'étude

Les tableaux suivants récapitulent les notes données à l'ensemble des caractères pris en compte pour chacun des types de sols (UTS) ainsi que la note globale qui correspond et le potentiel agronomique associé. Les UTS hétérogènes pouvant présenter quelques différences au sein des sondages présenteront le classement de la situation majoritairement rencontrée. Lorsqu'un même UTS a été détecté sous une prairie ou sous une culture, les deux méthodologies seront appliquées.

4.4.1 Sols de l'UTS 1

Tableau 2 : Informations et classement du sol de l'UTS 1 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 1	Classement du critère
Type de sol	BRUNISOL	
Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	45-75 cm	Potentiel fort

Potentiel agronomique du sol de l'UTS

FORT

Les sols de l'UTS 1 ont un potentiel **fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols sous prairie.

Tableau 3 : Informations et classement du sol de l’UTS 1 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l’UTS 1	Note obtenue par les sols de l’unité d’après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	BRUNISOL	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	72,5 cm	2
	Texture de surface	limono-argilo-sableux	5
	pH	6,2	3
	Profondeur du sol	75 cm	3
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Non concerné
	Pente	<1%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	
Note totale obtenue			18 / 25
Potentiel agronomique du sol de l'UTS			ÉLEVÉ

Les sols de l’UTS 1 ont un potentiel **très élevé** d’après la méthodologie d’évaluation du potentiel des sols MUSE.

4.4.2 Sols de l’UTS 2

Tableau 4 : Informations et classement du sol de l’UTS 2 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 2	Classement du critère
Type de sol	BRUNISOL leptique	
Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	35 cm	Potentiel fort
Potentiel agronomique du sol de l'UTS		FORT

Les sols de l’UTS 2 ont un potentiel **fort** d’après la méthodologie d’évaluation du potentiel des sols sous prairie.

4.4.3 Sols de l'UTS 3

Tableau 5 : Informations et classement du sol de l'UTS 3 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 3	Classement du critère
Type de sol	BRUNISOL pachique	
Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	90 cm	Potentiel fort

Potentiel agronomique du sol de l'UTS	FORT
---------------------------------------	------

Les sols de l'UTS 3 ont un potentiel **fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols sous prairie.

Tableau 6 : Informations et classement du sol de l'UTS 3 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 3	Note obtenue par les sols de l'unité d'après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	BRUNISOL pachique	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	117,9 cm	4
	Texture de surface	limono-argilo-sableux	5
	pH	5,5-6,3	3
	Profondeur du sol	90-100	3
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Non concerné
	Pente	5%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	

Note totale obtenue	20 / 25
Potentiel agronomique du sol de l'UTS	TRÈS ÉLEVÉ

Les sols de l'UTS 3 ont un potentiel **très élevé** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols MUSE.

4.4.4 Sols de l'UTS 4

Tableau 7 : Informations et classement du sol de l'UTS 4 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 4	Note obtenue par les sols de l'unité d'après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	BRUNISOL-REDOXISOL	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	95,3 cm	3
	Texture de surface	limono-argilo-sableux	5
	pH	6,5	3
	Profondeur du sol	70-75 cm	3
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	À partir de 30-35 cm de profondeur	Contrainte moyenne
	Pente	5%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	
Note totale obtenue			20 / 25
Potentiel agronomique du sol de l'UTS			TRÈS ÉLEVÉ

Les sols de l'UTS 4 ont un potentiel **très élevé** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols MUSE.

Cependant la présence de traits rédoxiques apparaissant à partir de 30-35 cm de profondeur traduit un engorgement temporaire de ces sols en période humide. Cet engorgement peut être un frein au bon développement des cultures ou à la réalisation d'un travail du sol efficace.

4.4.5 Sols de l'UTS 5

Tableau 8 : Informations et classement du sol de l'UTS 5 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 5	Note obtenue par les sols de l'unité d'après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	BRUNISOL-REDOXISOL pachique	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	110,7 cm	4
	Texture de surface	limono-sablo-argileux	3
	pH	6,8	5
	Profondeur du sol	95	3
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	À partir de 30-35 cm de profondeur	Contraite moyenne
	Pente	5%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	
Note totale obtenue			20 / 25
Potentiel agronomique du sol de l'UTS			TRÈS ÉLEVÉ

Les sols de l'UTS 4 ont un potentiel **très élevé** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols MUSE.

Cependant la présence de traits rédoxiques apparaissant à partir de 30-35 cm de profondeur traduit un engorgement temporaire de ces sols en période humide. Cet engorgement peut être un frein au bon développement des cultures ou à la réalisation d'un travail du sol efficace.

4.4.6 Sols de l'UTS 6

Tableau 9 : Informations et classement du sol de l'UTS 6 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 6	Classement du critère
Type de sol	BRUNISOL rédoxique pachique	
Hydromorphie	À partir de 70 cm	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	105 cm	Potentiel fort

Potentiel agronomique du sol de l'UTS

FORT

Les sols de l'UTS 6 ont un potentiel **fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols sous prairie.

4.4.7 Sols de l'UTS 7

Tableau 10 : Informations et classement du sol de l'UTS 7 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 6	Classement du critère
Type de sol	FLUVIOSOL TYPIQUE	
Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	25-40 cm	Potentiel fort

Potentiel agronomique du sol de l'UTS

FORT

Les sols de l'UTS 7 ont un potentiel **fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols sous prairie.

Tableau 11 : Informations et classement du sol de l'UTS 7 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 7	Note obtenue par les sols de l'unité d'après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	FLUVIOSOL TYPIQUE	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	57,2 cm	2
	Texture de surface	limono-sablo-argileux	3
	pH	5,7	3
	Profondeur du sol	40	2
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	Pas d'hydromorphie	Non concerné
	Pente	5%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	
Note totale obtenue			15 / 25
Potentiel agronomique du sol de l'UTS			MOYEN

Les sols de l'UTS 4 ont un potentiel **moyen** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols MUSE.

4.4.8 Sols de l'UTS 8

Tableau 12 : Informations et classement du sol de l'UTS 8 sous prairie.

Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 6	Classement du critère
Type de sol	FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique	
Hydromorphie	À partir de 70-80 cm	Potentiel fort
Profondeur d'enracinement potentielle	120 cm	Potentiel fort
Potentiel agronomique du sol de l'UTS		FORT

Les sols de l'UTS 8 ont un potentiel **fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols sous prairie.

Tableau 13 : Informations et classement du sol de l'UTS 8 sous culture.

	Critères	Caractéristiques des sols de l'UTS 8	Note obtenue par les sols de l'unité d'après la méthode « MUSE »
Caractéristiques intrinsèques du sol	Type de sol	FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique	
	Réserve utile en eau moyenne du profil	162,6 cm	5
	Texture de surface	limono-argilo-sableux	5
	pH	5,9	3
	Profondeur du sol	120	5
	Charge en éléments grossiers	0%	5
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	À partir de 80 cm de profondeur	Contrainte mineure
	Pente	5%	Non concerné
	Salinité	Non concerné	
	Contamination	Non concerné	
Influence d'aménagements	Irrigation	Pas d'irrigation en place	
	Drainage	Pas de drainage en place	
Note totale obtenue		23 / 25	
Potentiel agronomique du sol de l'UTS		TRÈS ÉLEVÉ	

Les sols de l'UTS 4 ont un potentiel **très élevé** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols MUSE.

4.5 Conclusion

Les informations ci-après permettent de récapituler pour chaque UTS et par type de couverture végétale, la part de chaque potentiel agronomique observé, et ce, grâce aux classements des sondages.

4.5.1 Potentiel agronomique des sols sous prairie

Les informations ci-après permettent de récapituler, grâce aux classements des sondages, la part de la zone d'étude pour chaque potentiel agronomique observé pour une prairie.

Tableau 14 : Tableau récapitulatif des résultats pour une prairie.

Potentialité agronomique de la zone d'étude	FORT
% d'occupation de la zone projet	100%

D'après la note globale, les sols des parcelles mise sous prairies pâturées sur le site d'étude dispose d'un potentiel agronomique fort (100%). En effet, ils ne présentent pas de signe d'hydromorphie, sauf pour les sols de l'UTS 6 où des taches rouille d'hydromorphie apparaissent à 70 cm de profondeur. Ces taches traduisent un engorgement temporaire des sols en période humide à partir de cette profondeur. Les sols sous prairies sur la zone d'étude possèdent une capacité d'enracinement suffisante pour le développement végétal des prairies.

Leur répartition géographique sur la zone du projet est représentée sur la carte ci-dessous (Carte 6).

La zone d'étude présente 100% de sol au potentiel agronomique fort vis-à-vis du développement d'une prairie.

4.5.2 Potentiel agronomique des sols sous culture

Les informations ci-après permettent de récapituler, grâce aux classements des sondages, la part de la zone d'étude pour chaque potentiel agronomique observé pour une culture.

Tableau 15 : Tableau récapitulatif des résultats pour une culture.

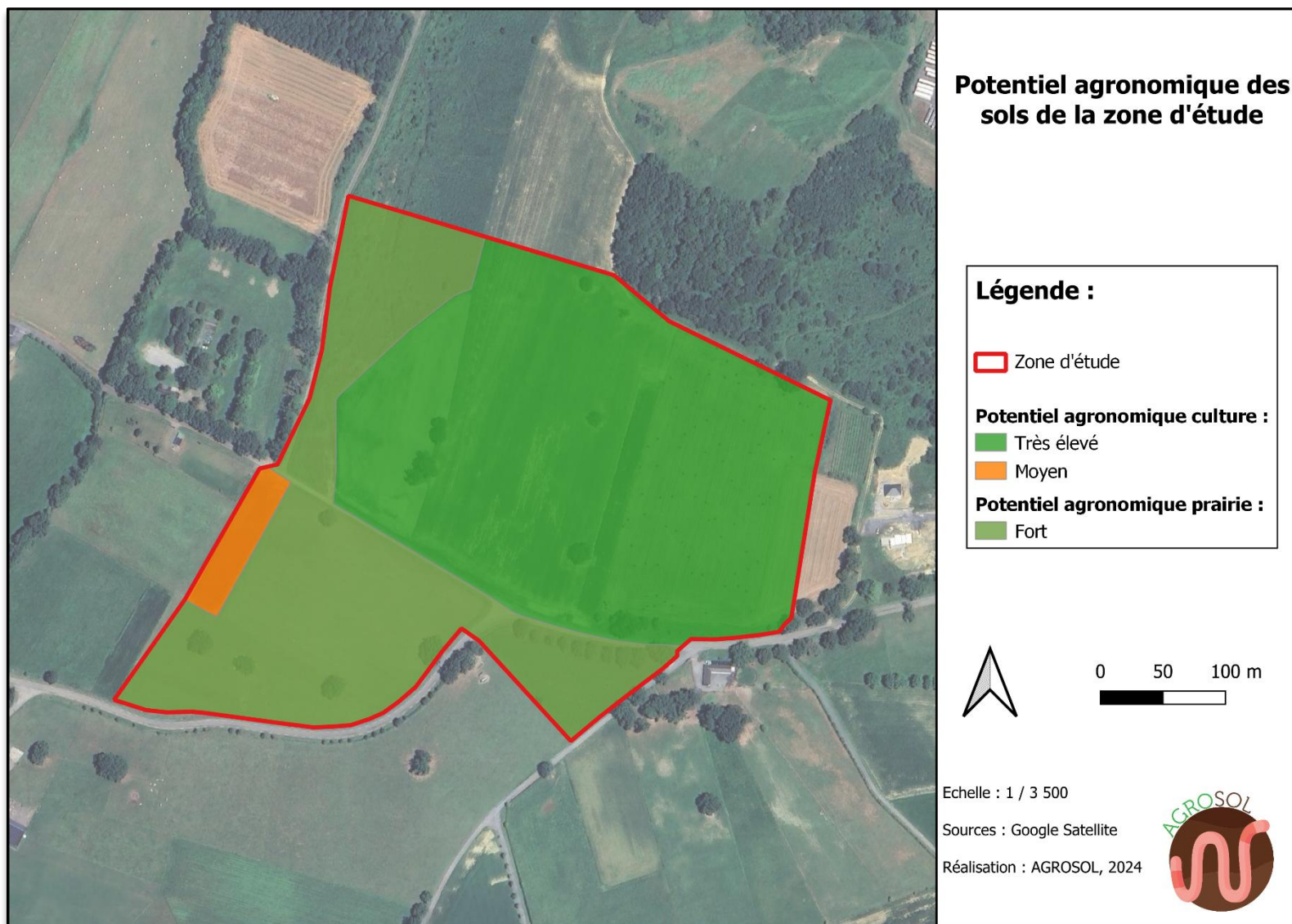
Potentialité agronomique de la zone d'étude	MOYEN	TRÈS ÉLEVÉ
% d'occupation de la zone projet	3,80%	96,20

La zone d'étude est composée majoritairement de sols au potentiel agronomique très élevé pour l'implantation d'une culture (96,20%), avec une très bonne texture de sol équilibrée et une capacité d'enracinement correcte.

Les sols des UTS 4 et 5 sont marqués par des traits rédoxiques, traduisant un engorgement temporaire durant les périodes humides, pouvant impacter le développement de l'appareil racinaire des cultures ou la réalisation d'un travail du sol dans des conditions optimales. Ces marques apparaissent entre 30 et 35 cm de profondeur.

Une seconde portion des sols de la zone d'étude sont caractérisés par un potentiel agronomique moyen, dû à leur épaisseur limitante pour la constitution d'une bonne Réserve Utile en eau pour les cultures, ainsi que pour le développement racinaire de ces dernières.

La zone d'étude présente 96,20% de sol au potentiel agronomique très élevé et 3,80% de potentiel agronomique moyen, vis-à-vis du développement d'une grande culture.



Carte 6 : Potentiel agronomique des sols de la zone d'étude.

5. ÉTUDE ET DENOMBREMENT DE LA MACROFAUNE

Les lombrics sont des indicateurs et des acteurs de la qualité des parcelles. Ils sont révélateurs des états et de l'usage des sols car ils sont intimement liés aux constituants du sol, en agissant sur la décomposition des matières organiques, sur la structuration et sur le fonctionnement hydrique des sols.

Les vers de terre sont divisés en 3 catégories écologiques, remplissant chacune des fonctions particulières par rapport au sol. Elles se distinguent par des morphologies, des cycles de vie et des comportements différents :

- Les épigés, de petites tailles (1 à 5 cm) et de couleur rouge sombre, vivent dans les premiers centimètres du sol et participent au fractionnement de la matière organique,
- Les endogés, dont la taille est comprise entre 1 et 20 cm et peu pigmenté (rose, vert ou gris clair), vivent plus en profondeur dans le sol et ne remontent presque jamais à la surface. Ils contribuent à la création d'une structure du sol grumeleuse, jouant un rôle sur la rétention et l'infiltration de l'eau dans le sol.
- Les anéciques, de taille importante (entre 10 et 100 cm), avec une palette de couleur variée allant du rouge-brun ou gris-noir. Ces derniers possèdent des stratégies de comportements similaires aux deux autres espèces en vivant dans l'ensemble du profil du sol. Ils enfouissent la matière organique dans le sol, puis l'intègre dans le sol en mixant la matière organique avec la matière minérale, et créent un réseau de galeries ramifiées. Parmi cette catégorie, 2 sous-catégories se distinguent :
 - Les anéciques à tête rouge, avec un comportement proche de celui des épigés lors des périodes automnales
 - Les anéciques à tête noire, avec un comportement uniquement anécique tout au long de l'année.

Une étude de la classification des lombrics présents sur la zone d'étude, ainsi que leur dénombrement nous donnent un rapide bilan de l'état des sols.

5.1 Méthode

La méthode utilisée pour déterminer les lombrics présents sur le site de l'étude est un test moutarde. Sur une surface d'1 m², une solution de moutarde a été épanchée (150g de moutarde diluée dans 10 L d'eau) puis les lombrics qui sont remontés à la surface ont été prélevés, comptés et identifiés pendant 15 minutes. L'opération est renouvelée une deuxième fois sur la même surface.

Les lombrics sont identifiés selon les 4 groupes fonctionnels des lombrics décrits précédemment (OPVT, 2014).

Dans le cadre de notre étude, le test moutarde a été effectué sur 14 sondages.

5.2 Résultats

Les résultats des différentes campagnes de comptage de lombrics sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des résultats des test moutarde

	Épigés	Endogés	Anéciques à tête rouge	Anéciques à tête noire
Sondage n°1 Culture	0	0	2	4
Sondage n°2 Prairie	4	2	2	1
Sondage n°3 Prairie	1	0	0	3
Sondage n°5 Friche	2	0	6	1
Sondage n°6 Culture	2	0	1	1
Sondage n°7 Culture	1	1	0	1
Sondage n°9 Culture	0	1	0	3
Sondage n°10 Culture	1	0	1	0
Sondage n°11 Culture	0	2	0	0
Sondage n°12 Culture	0	0	3	4
Sondage n°13 Culture	0	0	3	6
Sondage n°14 Culture	3	1	0	2
Sondage n°15 Culture	1	4	4	2
Sondage n°16 Friche	0	0	0	1

Sur les parcelles en cultures, peu d'épigés ont été trouvés lors des campagnes de test moutarde, ce qui est cohérent entre le mode de vie surfacique des épigés et le travail du sol réalisé pour les cultures. Une grande quantité d'anéciques sont présents sur la zone d'étude, induisant une structure du sol aérée avec de nombreuses galeries, favorisant l'infiltration de l'eau et sa rétention et ayant un impact positif pour les cultures et les prairies.

L'e

6. ETUDE DE L'ETAT STRUCTURALE DU SOL

Des mesures au pénétromètre manuel ont été réalisées sur l'ensemble de la zone d'étude. L'objectif est de déterminer la présence ou non d'une compaction dans l'horizon de surface et si c'est le cas, à quelle profondeur.

Un total de 16 mesures a été réalisé, localisé au niveau des sondages pédologiques (Carte 6). L'appareil de mesure peut s'enfoncer jusqu'à 50 cm de profondeur.

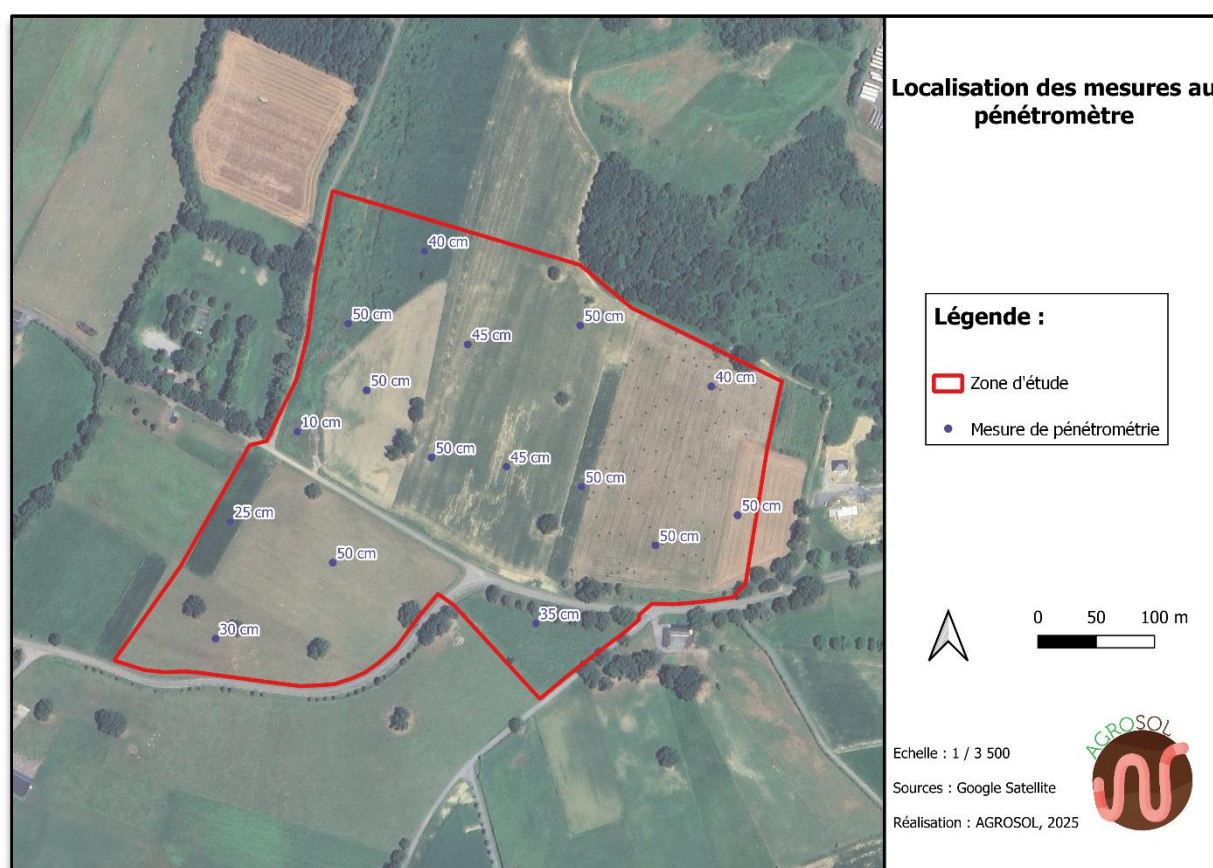
Sur la parcelle cultivée au nord, il a été possible d'atteindre sans effort une profondeur maximale comprise entre 40 et 50 cm. **Aucune compaction du sol provoqué par un travail mécanique ne fait obstacle au développement des racines.**

En revanche la parcelle en culture voisine des prairies présente un blocage physique vers 25 cm de profondeur, limitant pour le bon développement de l'appareil racinaire des grandes cultures.

Sur la prairie, les mesures du pénétromètre ont abouti à des blocages entre 30 et 50 cm de profondeur.

Enfin dans la zone de friche, l'une des mesures a été réalisée sur une zone avec peu de sol, présentant un blocage physique dès 10 cm de profondeur.

La carte ci-dessous indique les profondeurs de blocage du pénétromètre lors de la campagne de mesures.



Carte 7 : Localisation des mesures au pénétromètre.

Ainsi sur l'ensemble des tests au pénétromètre effectués sur le site d'étude, 12 sondages ont montré des blocages à des profondeurs non problématiques pour le développement d'une culture. Seul le sondage n°1 a montré un blocage à 25 cm de profondeur problématique pour le développement de l'appareil racinaire des cultures.

Pour les 3 tests situées sur des parcelles en prairie, deux tests présentent un blocage à une profondeur relativement problématique pour le développement d'une prairie, le dernier test étant descendu jusqu'à 50 cm de profondeur (profondeur maximum atteignable pour le pénétromètre).

BIBLIOGRAPHIE

AFES (Association française pour l'étude du sol), 2008 – Référentiel Pédologique 2008,

BAIZE, D, GIRARD, M, C, (coord,), Editions Quae, Versailles, 432 p,

Branchu P., Marseille, F., Béchet B., Bessière J.-P., Boithias L, Duvigneau C., Genesco P., Keller C., Lambert M.-L., Laroche B., Le Guern C., Lemot A., Métois R., Moulin J., Néel C., Sheriff R. (2022). MUSE. Intégrer la multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme. 184 pages,

BRGM, Carte géologique de la France au 1/50 000. Notice explicative de la feuille de BAGNÈRES-DE-BIGORRE,

DELAGARDE R., Mars 2018. Guide pâturage : 100 fiches pour répondre à vos questions - Fiche 39 - Le rendement en herbe,

Herbe et fourrage Centre, Janvier 2016. Calcul de dose d'azote minéral à apporter sur prairies,

OPVT, 2014 – Clé d'identification de lombriciens en 4 groupes fonctionnels,

PARTY.J-P, MULLER.N, VAUTHIER.Q, RIGOU.L, TOUTAIN.B, LEHMANN.S, LAROCHE.B, GUIRESSE.M, 2016, Référentiel Régional Pédologique de Midi-Pyrénées : département des Hautes-Pyrénées. CNRS,

Plantesfourrageres.org. Les étapes du diagnostic d'une prairie. Observer les caractéristiques de la parcelle.

ANNEXES

Annexe 1 : Photos des sondages de l'étude de Lanne.



Sondage n°1



Sondage n°2



Sondage n°3



Sondage n°4



Sondage n°5



Sondage n°6



Sondage n°7



Sondage n°8



Sondage n°9



Sondage n°10



Sondage n°11



Sondage n°12



Sondage n°13



Sondage n°14

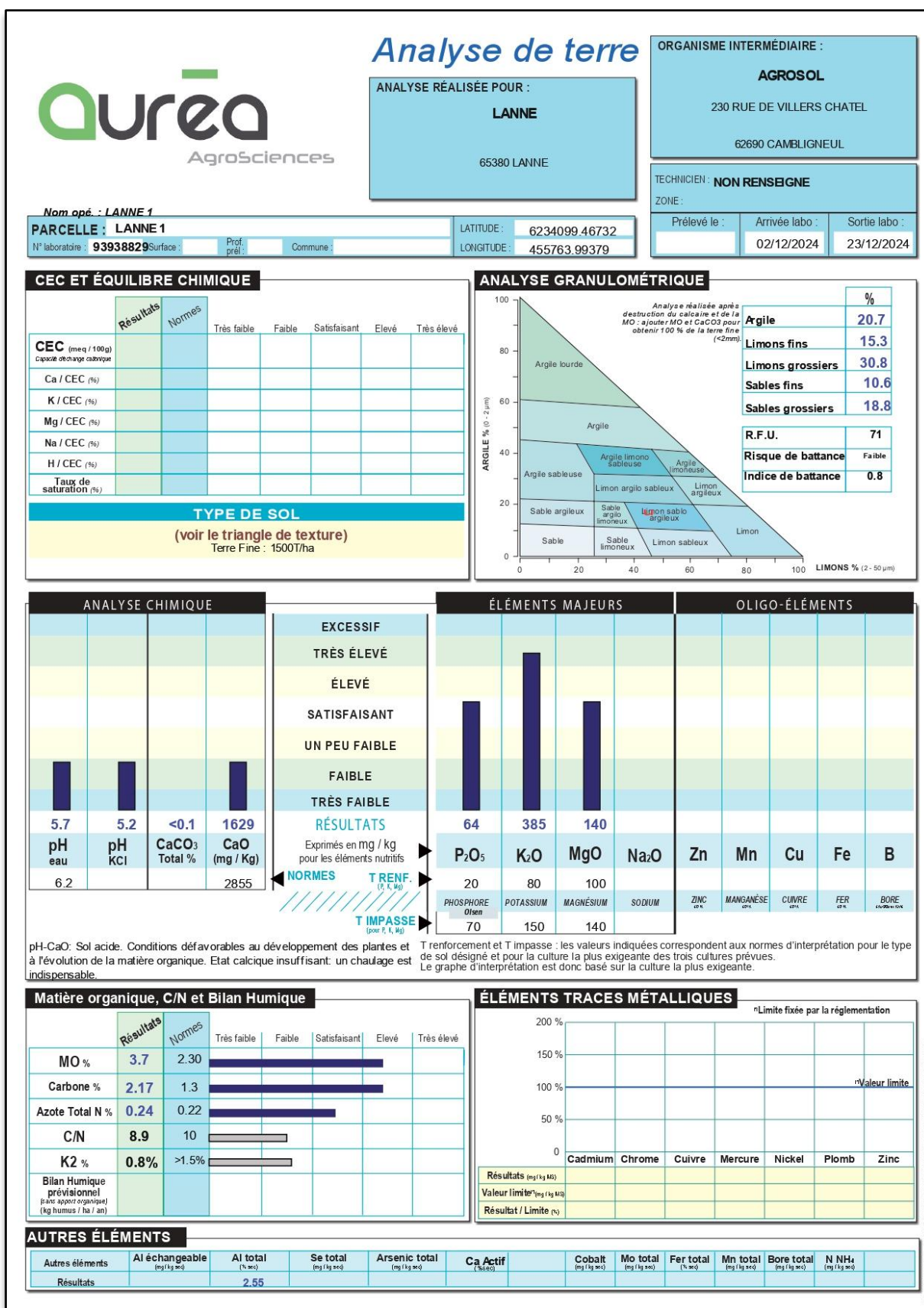


Sondage n°15

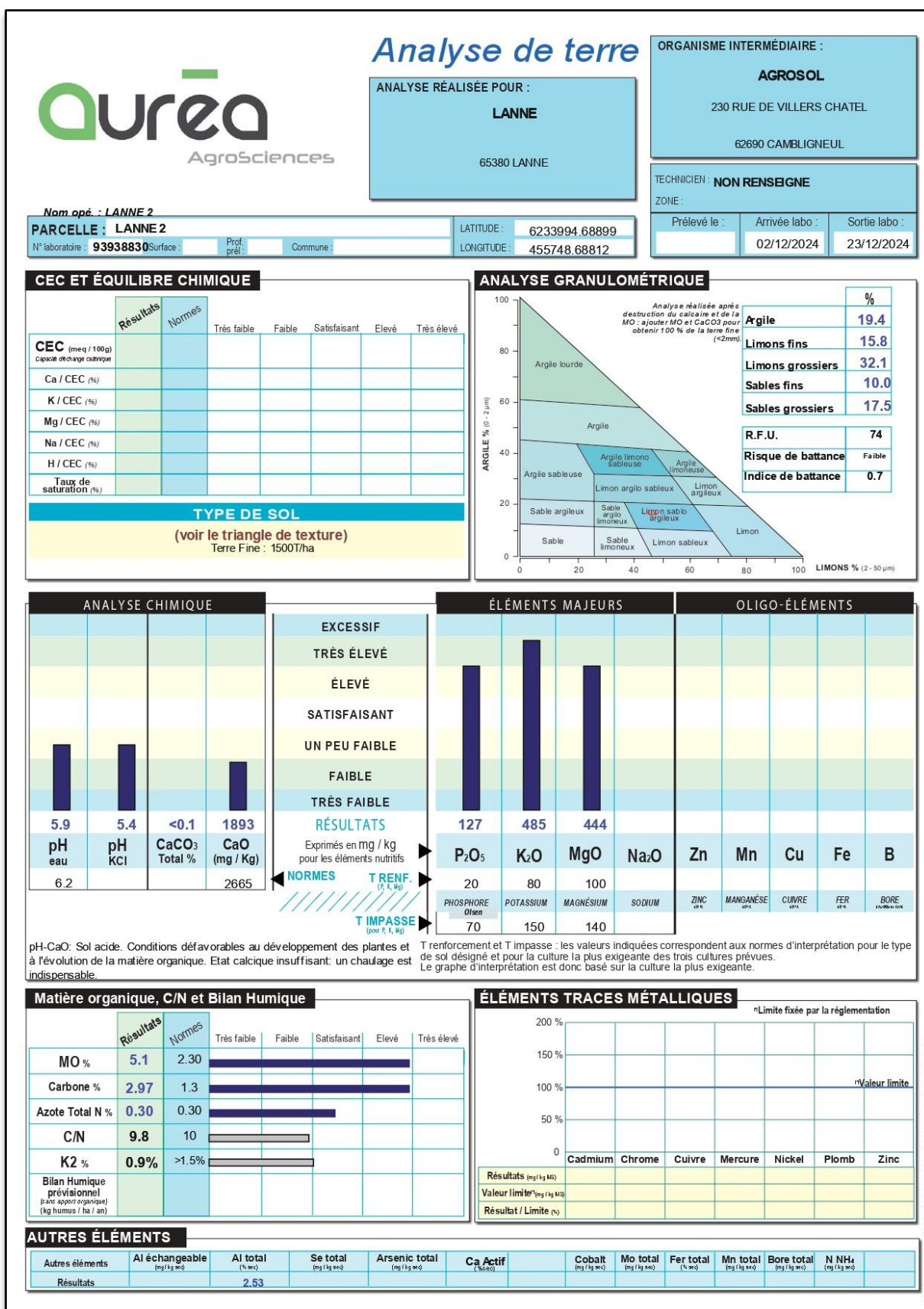


Sondage n°16

Annexe 2 : Résultats analyse, prélèvement 1.



Annexe 3 : Résultats analyse, prélèvement 2.



pH-CaO: Sol acide. Conditions défavorables au développement des plantes et à l'évolution de la matière organique. Etat calcique insuffisant: un chaulage est indispensable.

T renforcement et T impasse : les valeurs indiquées correspondent aux normes d'interprétation pour le type de sol désigné et pour la culture la plus exigeante des trois cultures prévues. Le graphe d'interprétation est donc basé sur la culture la plus exigeante.

Matière organique, C/N et Bilan Humique

	Résultats	Normes
MO %	5.1	2.30
Carbone %	2.97	1.3
Azote Total N %	0.30	0.30
C/N	9.8	10
K2 %	0.9%	>1.5%

ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

Limite fixée par la réglementation

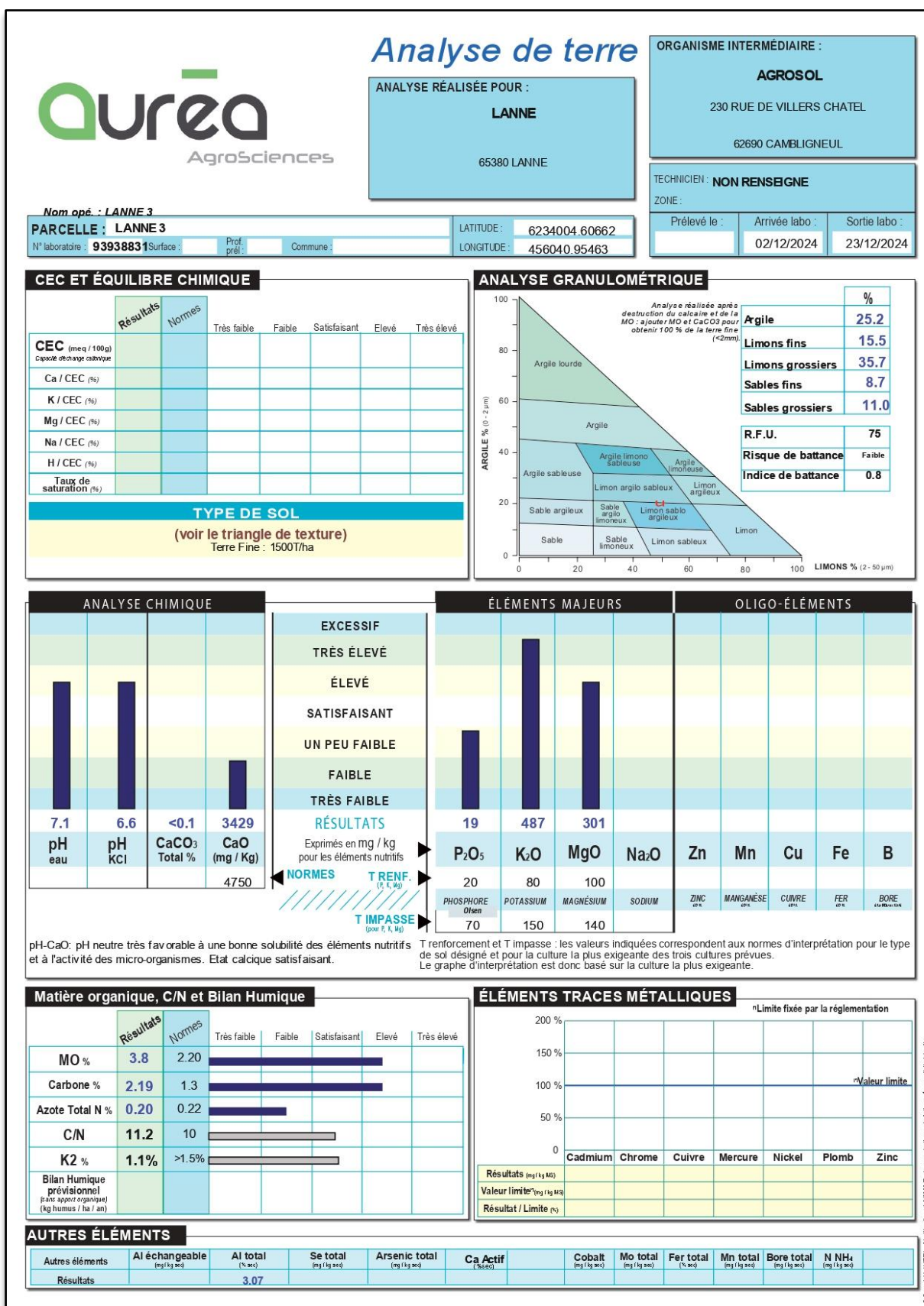
Valeur limite

	Résultats	Normes
Cadmium		
Chrome		
Cuivre		
Mercur		
Nickel		
Plomb		
Zinc		

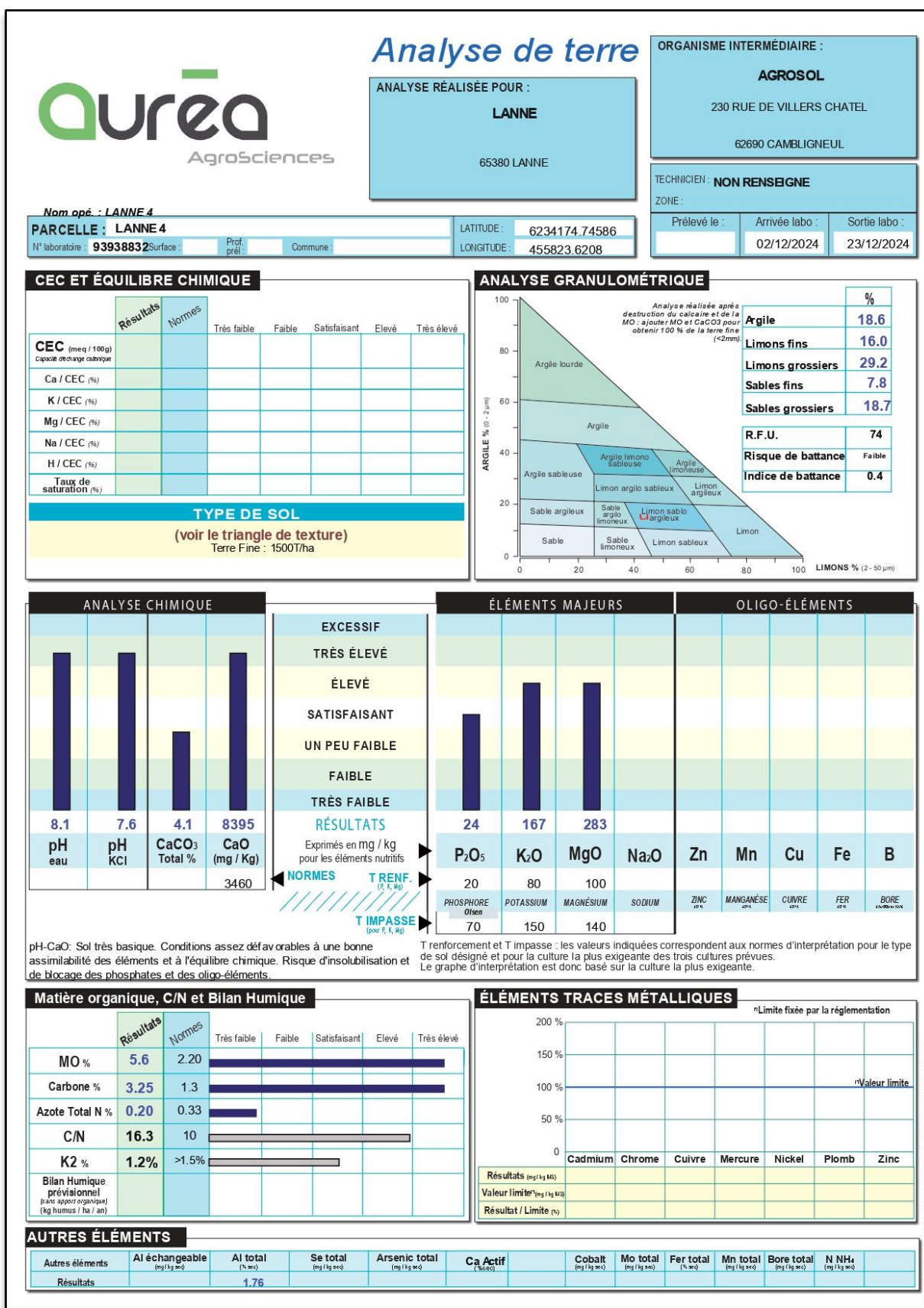
AUTRES ÉLÉMENTS

	Résultats	Normes
Al échangeable (mg / kg sec)		
Al total (% sec)	2.53	
Se total (mg / kg sec)		
Arsenic total (mg / kg sec)		
Ca Actif (% sec)		
Cobalt (mg / kg sec)		
Mo total (mg / kg sec)		
Fer total (% sec)		
Mn total (mg / kg sec)		
Bore total (mg / kg sec)		
N NH ₄ (mg / kg sec)		

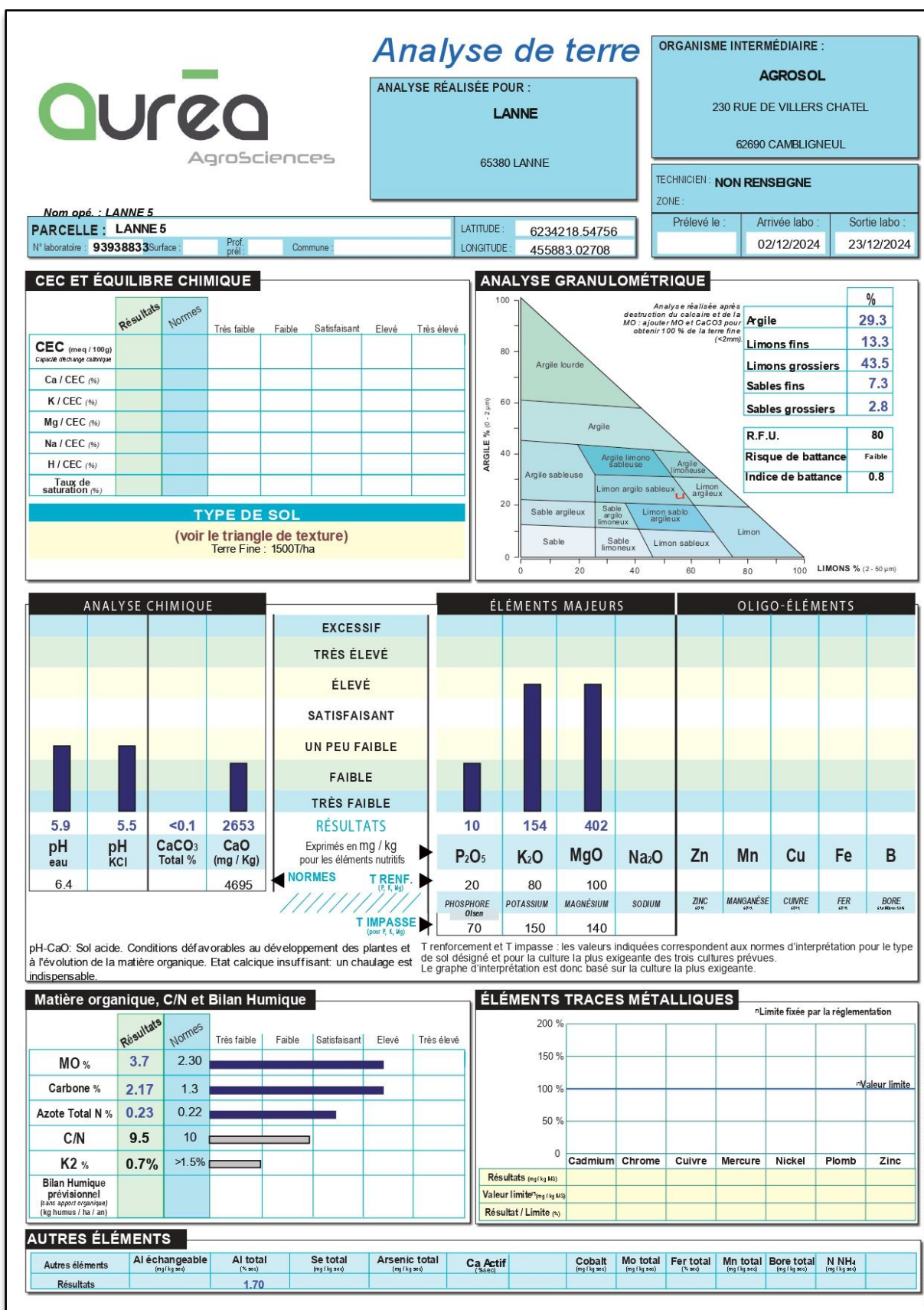
Annexe 4 : Résultats analyse, prélèvement 3.



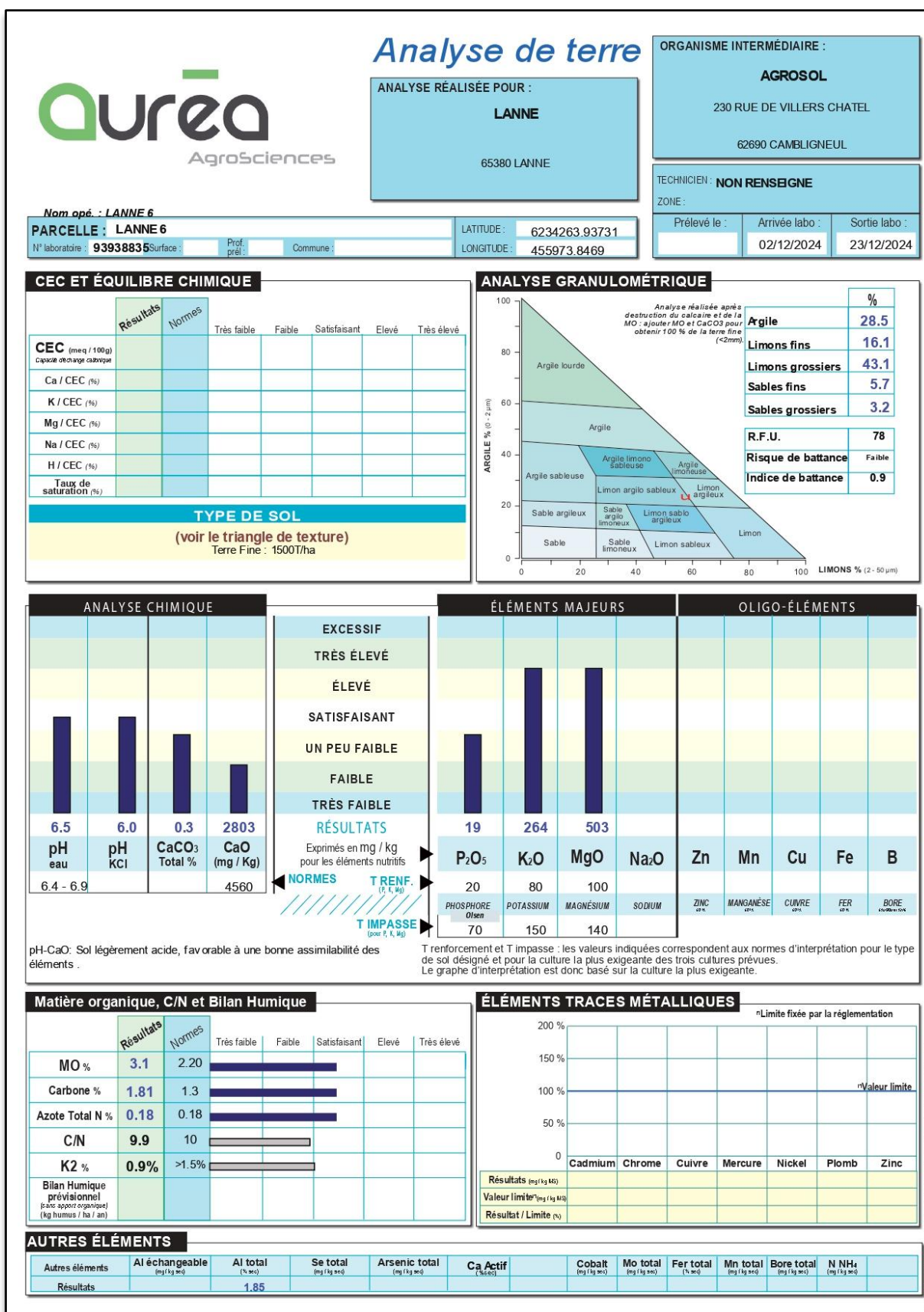
Annexe 5 : Résultats analyse, prélèvement 4.



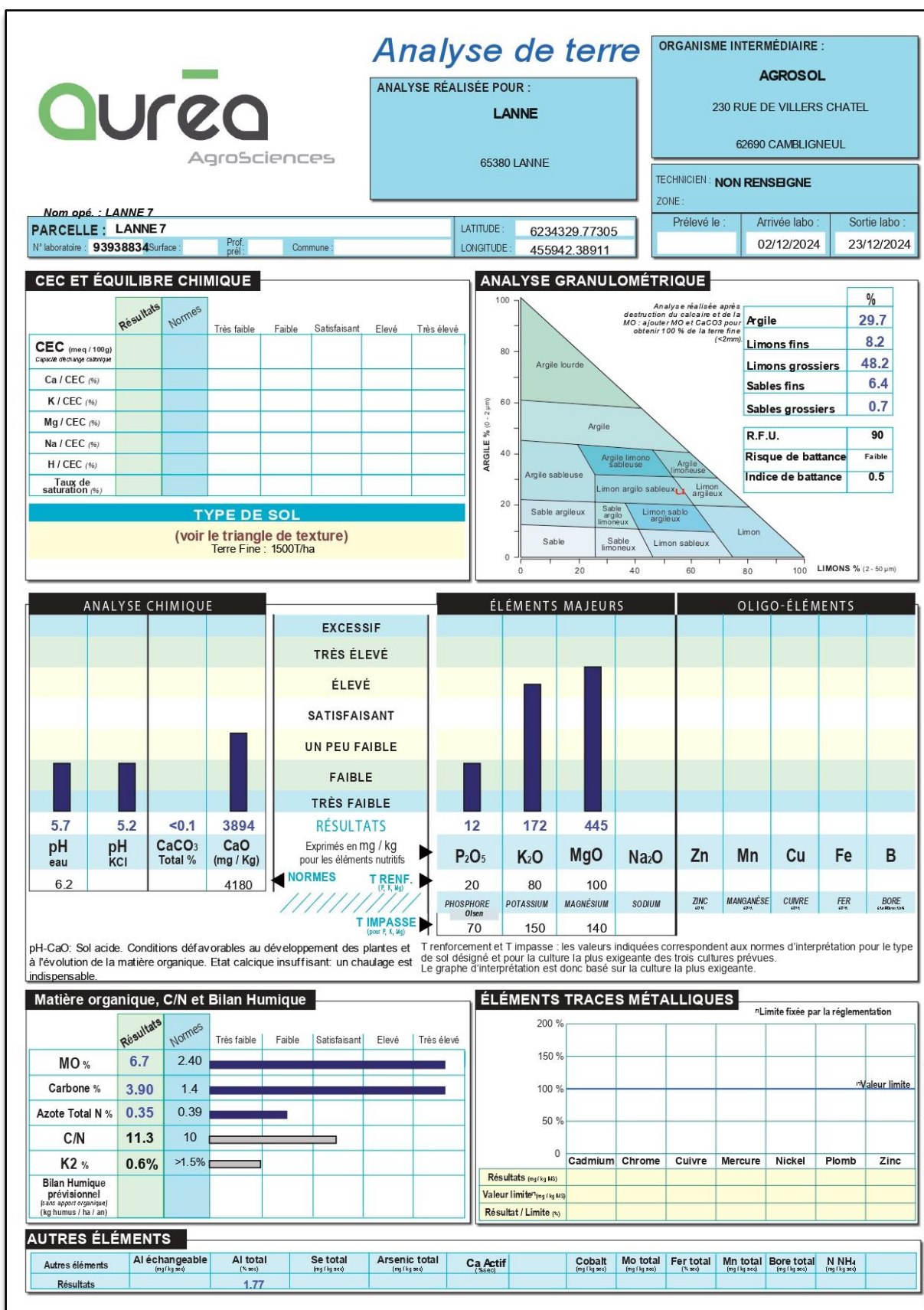
Annexe 6 : Résultats analyse, prélèvement 5.



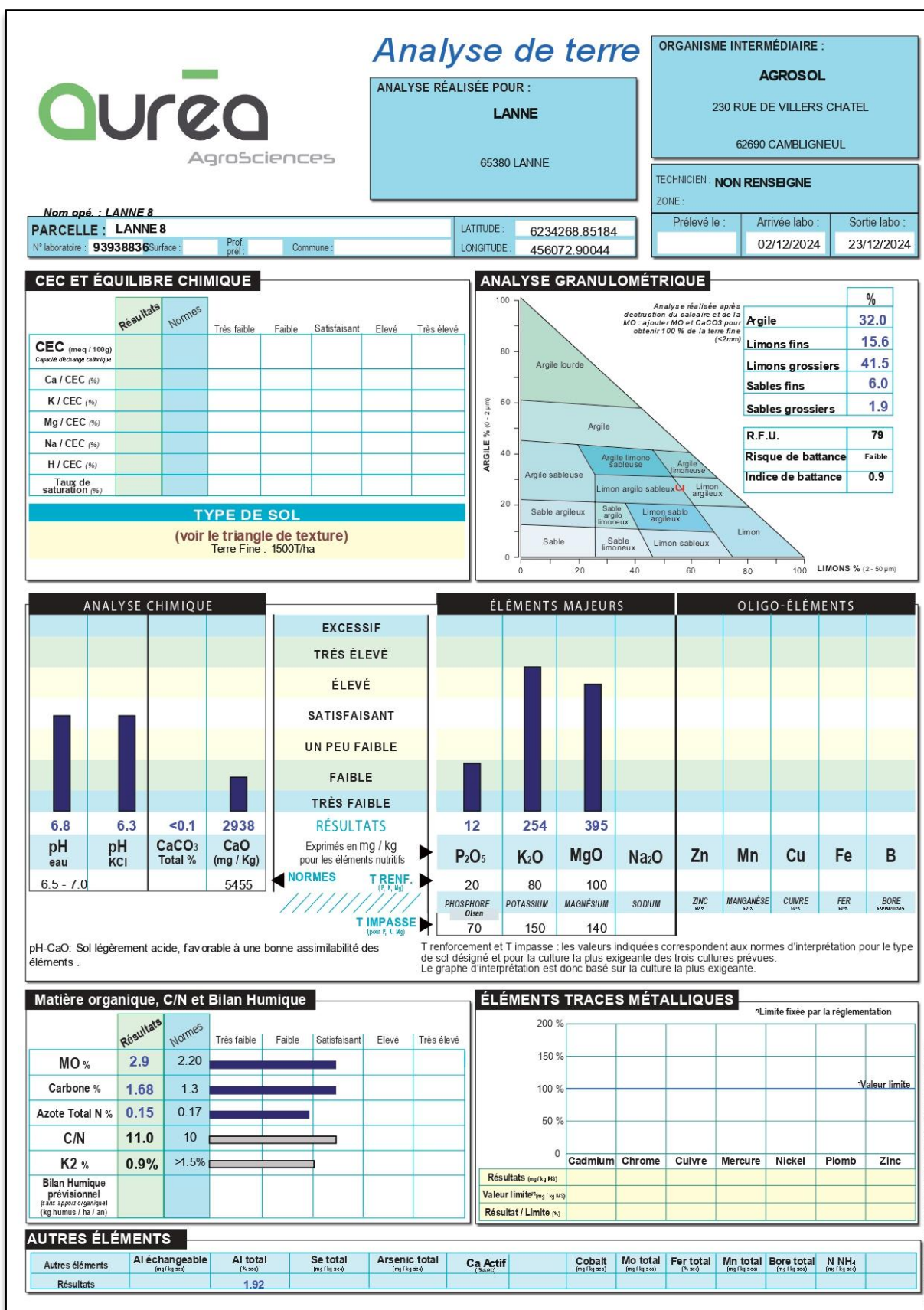
Annexe 7 : Résultats analyse, prélèvement 6.



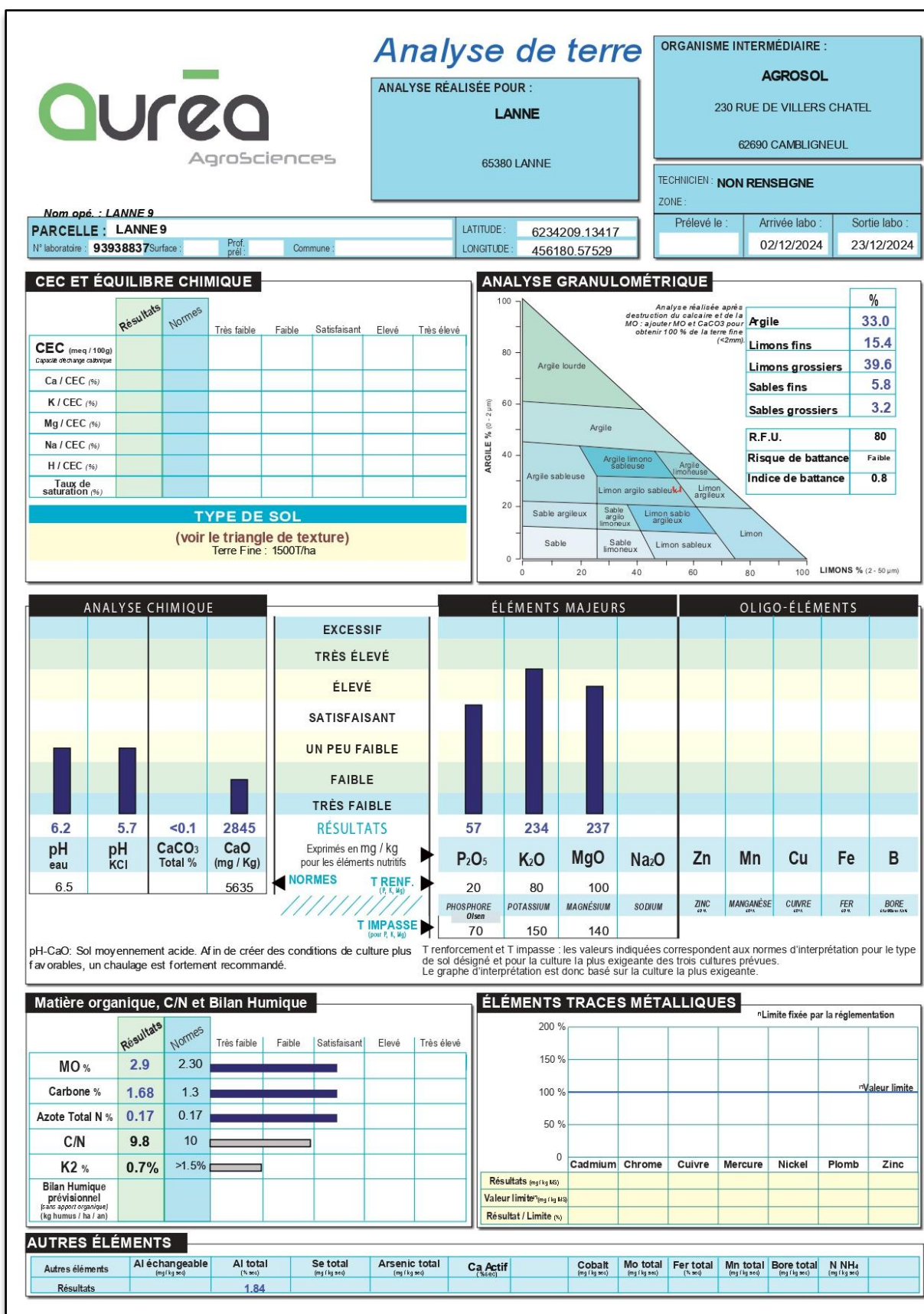
Annexe 8 : Résultats analyse, prélèvement 7.



Annexe 9 : Résultats analyse, prélèvement 8.



Annexe 10 : Résultats analyse, prélèvement 9.



pH-CaO: Sol moyennement acide. Afin de créer des conditions de culture plus favorables, un chaulage est fortement recommandé.

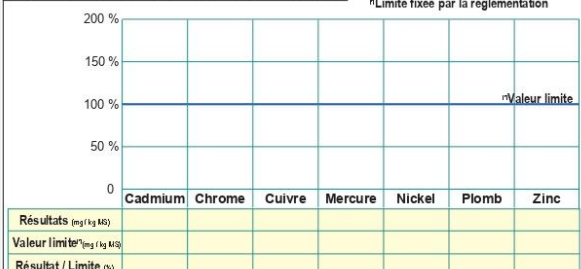
T renforcement et T impasse : les valeurs indiquées correspondent aux normes d'interprétation pour le type de sol désigné et pour la culture la plus exigeante des trois cultures prévues. Le graphique d'interprétation est donc basé sur la culture la plus exigeante.

Matière organique, C/N et Bilan Humique

	Résultats	Normes
MO %	2.9	2.30
Carbone %	1.68	1.3
Azote Total N %	0.17	0.17
C/N	9.8	10
K2 %	0.7%	>1.5%

ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES

* Limite fixée par la réglementation

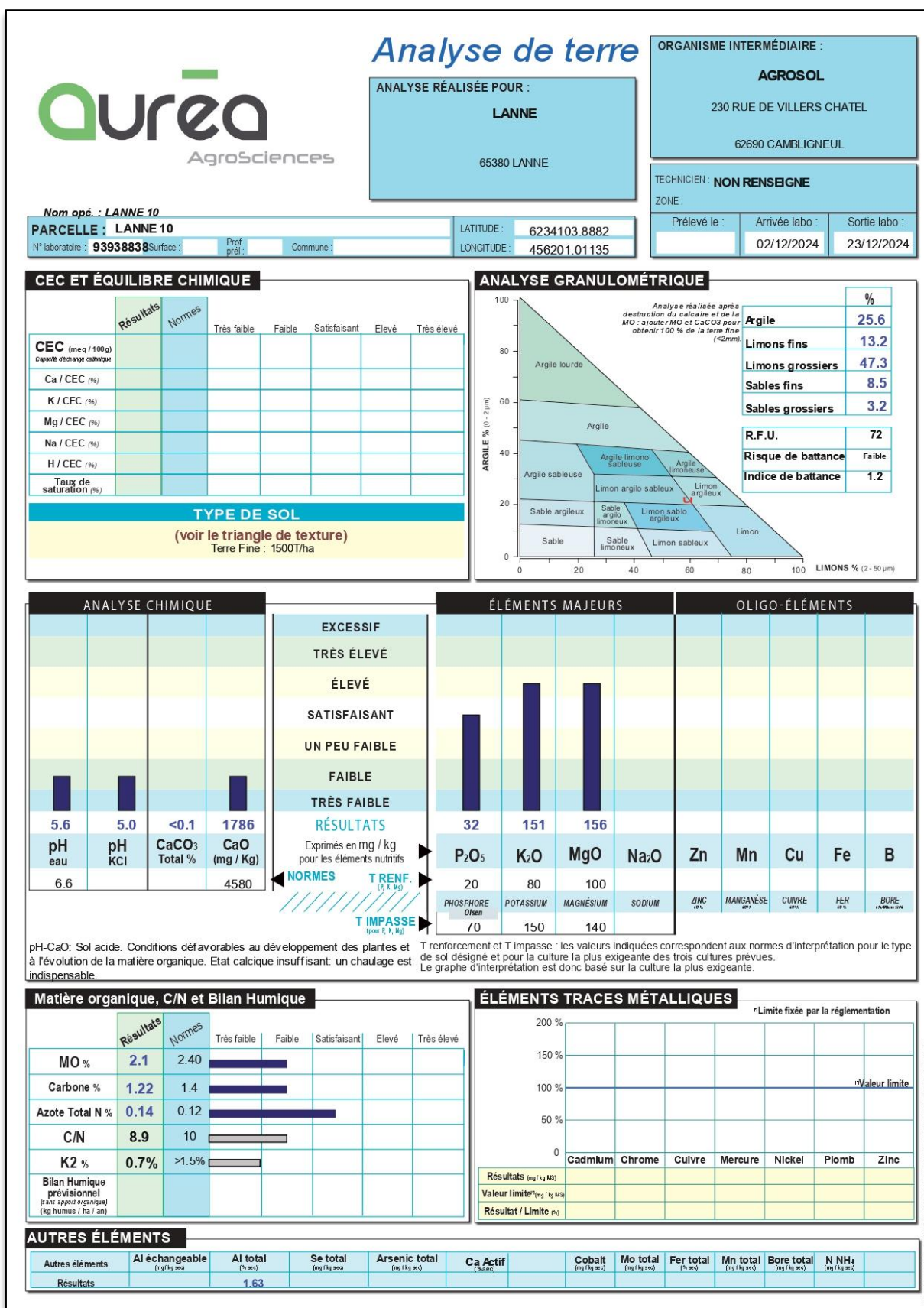


Résultats (mg/kg MS)	Valeur limite (mg/kg MS)	Résultat / Limite (%)
Cadmium		
Chrome		
Cuivre		
Mercur		
Nickel		
Plomb		
Zinc		

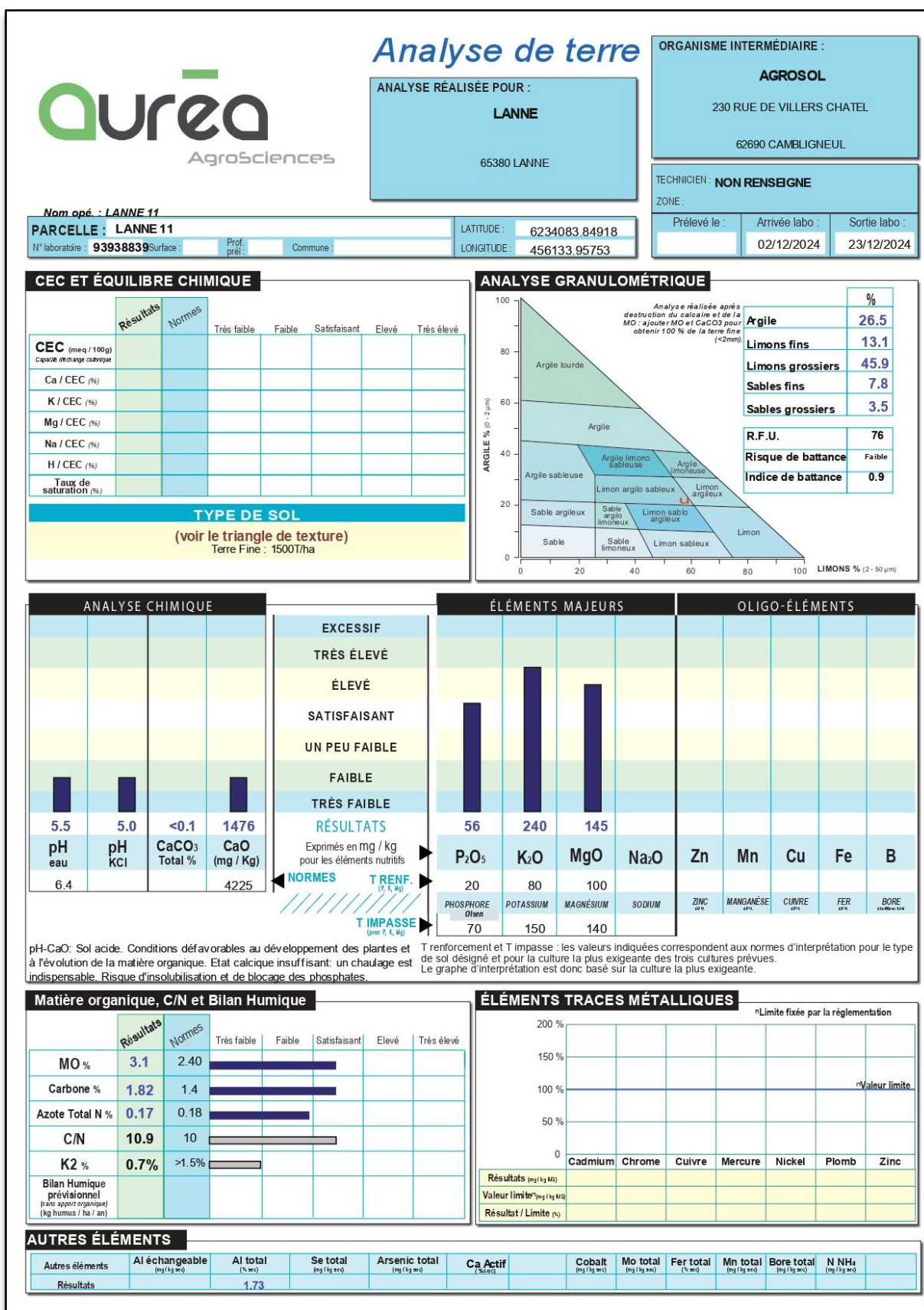
AUTRES ÉLÉMENTS

Autres éléments	Al échangeable (mg/kg sec)	Al total (% sec)	Se total (mg/kg sec)	Arsenic total (mg/kg sec)	Ca Actif (% sec)	Cobalt (mg/kg sec)	Mo total (mg/kg sec)	Fer total (% sec)	Mn total (mg/kg sec)	Bore total (mg/kg sec)	N NH ₄ (mg/kg sec)
Résultats		1.84									

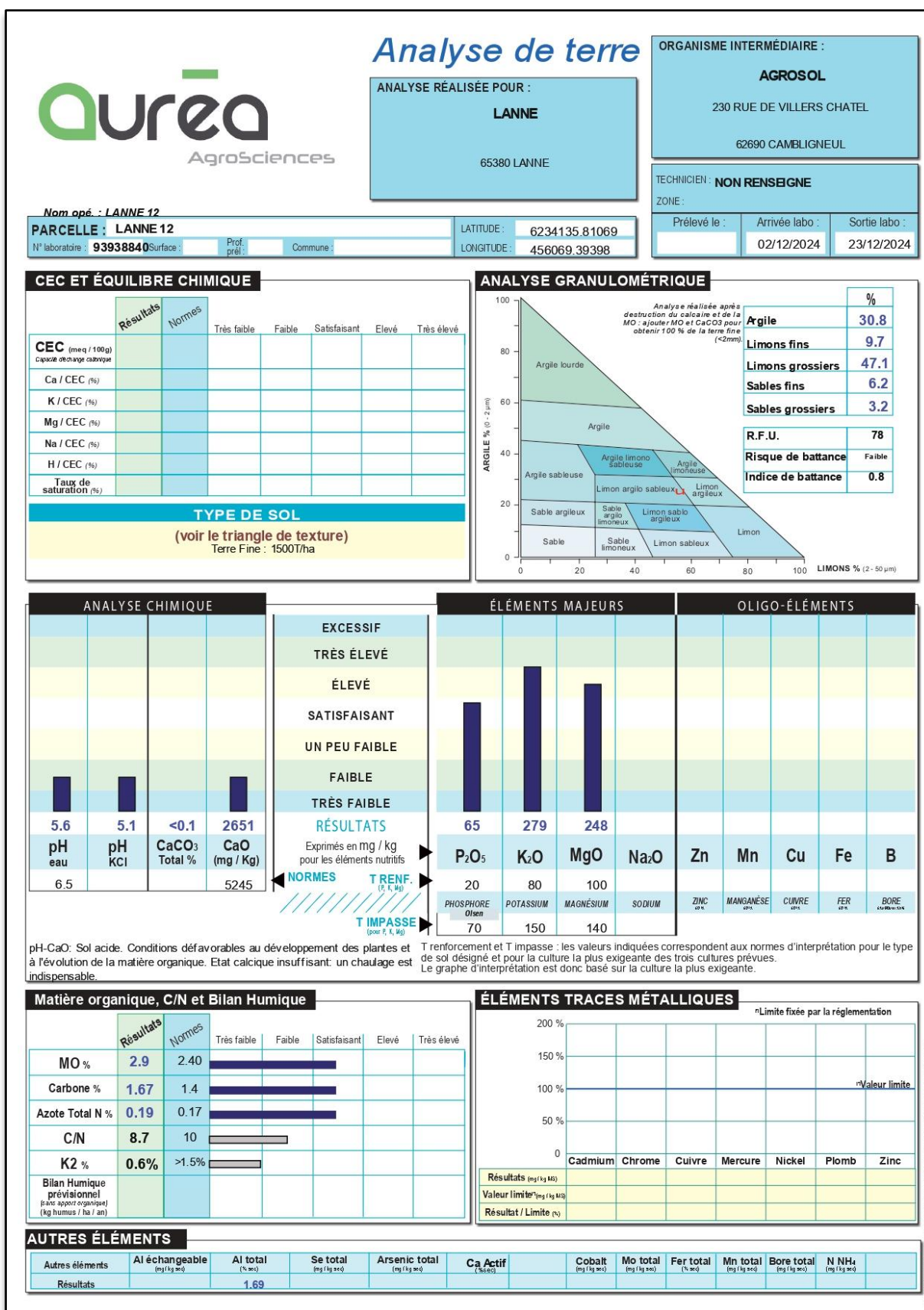
Annexe 11 : Résultats analyse, prélèvement 10.



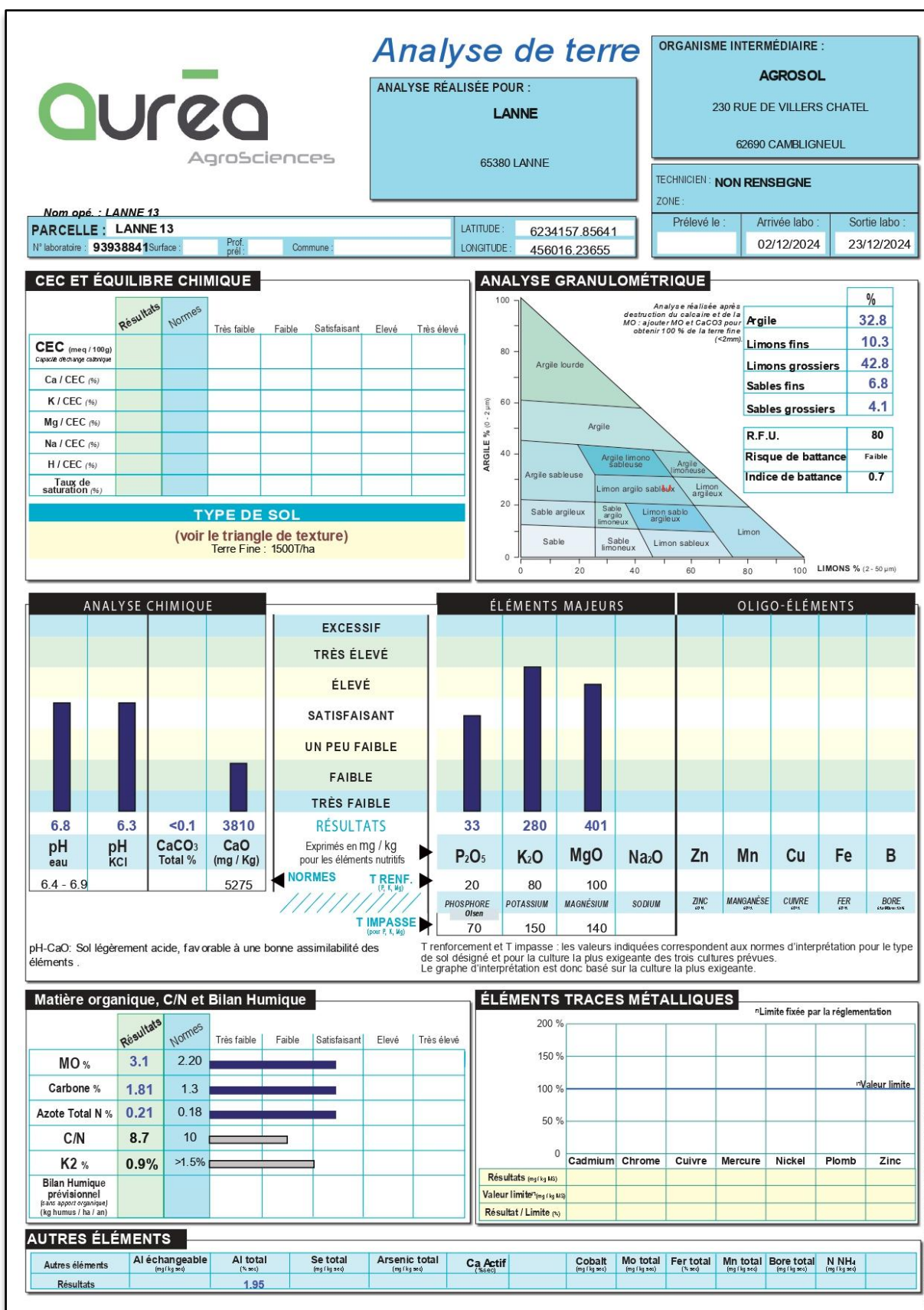
Annexe 12 : Résultats analyse, prélèvement 11.



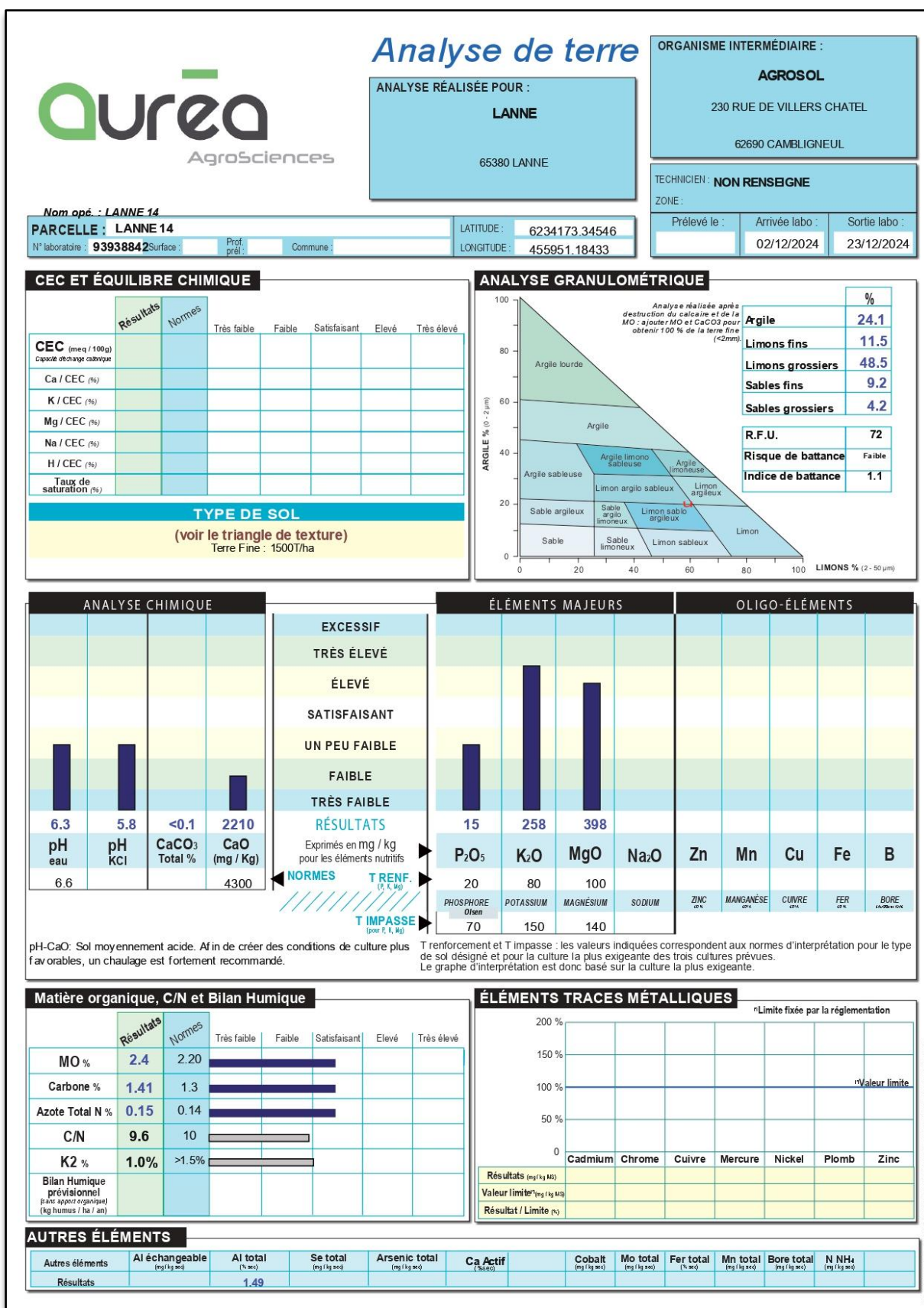
Annexe 13 : Résultats analyse, prélèvement 12.



Annexe 14 : Résultats analyse, prélèvement 13.



Annexe 15 : Résultats analyse, prélèvement 14.



Annexe 16 : Détails de la méthodologie utilisée (Source : CEREMA).



DETERMINATION DE LA FONCTION SOURCE DE BIOMASSE

La biomasse est indispensable aux sociétés humaines dans la mesure où elle est à la base de notre alimentation, fournit de la matière première et reste une source d'énergie et de chaleur largement utilisée. Au-delà de son importance pour l'Homme, elle est également une pièce fondamentale du fonctionnement des milieux naturels offrant abris et aliments à la biosphère. La capacité d'un sol à produire de la biomasse est donc une fonction importante à prendre en compte pour déterminer la multifonctionnalité d'un sol. Dans le cadre du projet MUSE la représentation de cette fonction s'appuie sur le calcul d'un indicateur : **le potentiel agronomique d'un sol**. La méthode de calcul de cet indicateur, présentée ci-dessous, utilise des données brutes issues des Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP), cartographie à 1/250 000 au format DoneSol, et sinon sur des informations plus précises soit par des données disponibles ou soit par l'acquisition de données complémentaires.

Calcul de l'indicateur Potentiel agronomique

Référence

- La méthode de calcul de cet indicateur, élaborée à dire d'experts, se base sur des travaux déjà effectués :
- Ducommun C., 2017. Estimation de la valeur agronomique des sols du département Loire-Atlantique
 - Lagacherie et Menard 2007 (UMR LISAH)
 - Méthode de la Chambre d'Agriculture de l'Indre

Description des paramètres

Le potentiel agronomique a été défini dans ce cadre sans a priori sur le système de production : que cela soit des grandes cultures ou des prairies. Cette évaluation permet de caractériser les sols les uns par rapport aux autres. On peut envisager des compléments de manière à prendre en compte le contexte agronomique local (spécificité de production ex viticulture, arboriculture, ...).

Nous avons choisi de sélectionner un certain nombre de paramètres pédologiques permettant de caractériser la fonction de production : il s'agit du réservoir utile (RU), de la texture de l'horizon de surface, du pH à deux profondeurs, de la profondeur totale du sol et de la proportion d'éléments grossiers (EG, taille supérieure à 2 mm). Ces critères sont non hiérarchisés et sont chacun répartis en classes. Chaque classe est notée de 1 à 5. L'addition des notes de chaque critère permet d'attribuer une classe de potentiel agronomique au sol concerné. Cette classification prend en compte à posteriori des contraintes supplémentaires qui pourraient s'appliquer sur le sol. Nous en avons identifié plusieurs : l'hydromorphie, la pente, la salinité et la contamination.

Méthode de calcul

L'analyse va s'appuyer sur les données pédologiques avec à minima les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP), cartographie à 1/250 000, ou sur des informations plus précises soit par des données disponibles ou soit par l'acquisition de données complémentaires.



La cartographie des sols à 1/250 000 ou Référentiel régional Pédologique impose le fait que les Unités Typologiques de Sols (UTS : volume de la couverture pédologique présentant en tous lieux de l'espace la même succession d'horizons, l'un ou l'autre de ces horizons pouvant être localement absent) soient agrégées dans les Unités Cartographiques de Sols (UCS : Une Unité Cartographique de Sol est définie comme un morceau de la couverture pédologique. Elle a pour but de représenter l'extension géographique d'un ou de plusieurs types de sol. Elle constitue donc le regroupement d'une ou de plusieurs Unités Typologiques de Sol (UTS) (figure 1) de façon à pouvoir en faire une représentation cartographique à une échelle donnée, qui restent les seules entités spatialisées. Toutes les interprétations ou calculs/estimations se font au niveau des UTS. Si l'information doit être représentée sur une carte, une agrégation s'impose pour transférer les informations obtenues sur les types de sol (UTS) vers une information unique pour l'UCS. La modalité exprimée doit être alors associée à un indicateur de la variabilité au sein de l'UCS : pourcentage de représentation au sein de l'UCS ou un écart type. Si la représentation des sols est à une échelle plus précise, l'UCS sera représentée par une seule UTS. L'information obtenue sur l'UTS sera alors caractéristique alors de l'UCS.

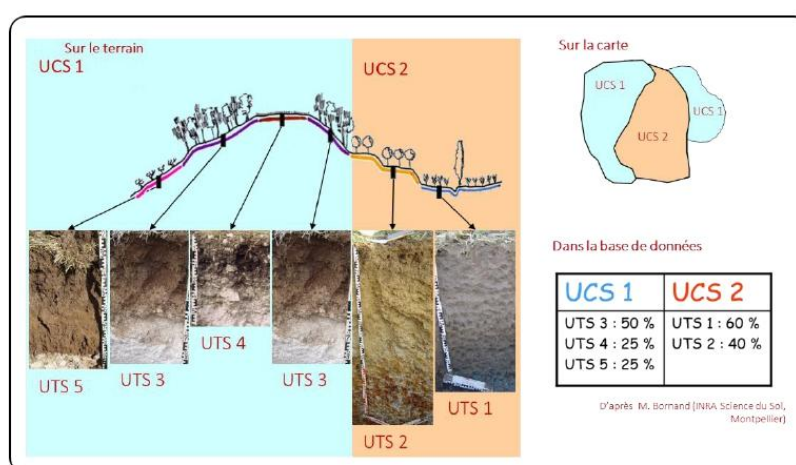


Figure 1 : Schéma d'organisation des UTS au sein d'une UCS

L'estimation de ces cinq principaux paramètres se fait au niveau de l'Unité Typologique de Sol (UTS) grâce aux données disponibles dans les RRP. Ces données sont disponibles pour l'essentiel en milieu rural, et ne concernent pas le milieu urbain pour le moment.

Il a été choisi de définir pour chaque paramètre une note de 1 (pour les valeurs les moins favorables) à 5 (pour les valeurs les plus favorables).

1) Réservoir utile

Il se définit comme « la quantité d'eau que le sol peut stocker et restituer aux plantes pour leur production de biomasse ». Cette information n'est pas directement présente dans la base de données DoneSol, elle est obtenue par une fonction de pédotransfert c'est-à-dire estimée à partir des données présentes dans DoneSol. La méthode est précisée dans ce même document au paragraphe « définition et méthode de calcul du Réservoir Utile » page 10.

Les classes retenues après calcul du RU sont les suivantes :

Classe RU (en mm)	Note
> 150	5
130 – 150	5
100 – 130	4
75 – 100	3
50 – 75	2
25- 50	1
< 25	1

NB : pas de calculs sur les histosols



2) Texture de surface

C'est la proportion en poids d'argiles (particules de diamètre $< 2\mu\text{m}$), limons ($2-50\mu\text{m}$), et sables ($50-2000\mu\text{m}$). Elle donne au sol des propriétés agronomiques différentes vis-à-vis de la rétention de l'eau, de la disponibilité des éléments nutritifs et de l'aération du sol qui sont des paramètres majeurs pour le développement des plantes. Les textures sont regroupées en classes : sol argileux, limono-sableux... (en fonction de ces proportions) et définies suivant des triangles de référence (Aisne, Geppa, USDA). Deux triangles texturaux sont généralement utilisés en France : GEPPA, Aisne.

DoneSol

En fonction des classes texturales renseignées dans la table STRATE_QUAL de DoneSol, les classes texturales renseignées pour la strate 1 seront prises prioritairement, sauf pour les strates dites organiques identifiées dans le nom de la strate par la lettre « O » dans les différentes classifications françaises. Si la strate 1 est renseignée par « O » suivant les classifications de référence, alors il faut intégrer la valeur de la strate 2.

Les champs concernés sont TEXTURE_GEPPA ou TEXTURE_AISNE

Si aucun des 2 n'est renseigné, les valeurs granulométriques présentes dans la table STRATE_QUANT sont alors mobilisées. Puis à partir de ces informations, elles sont projetées dans le triangle de texture pour obtenir une classe texturale. L'opération est effectuée via le package R : <https://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/index.html>

(les valeurs modales sont utilisées en priorité, issues de la table STRATE_QUANT et si elle est absente, calcul de la moyenne à partir des données minimales et maximales.)

Une note est attribuée en fonction de leur classe texturale de surface

Texture Aisne	Texture GEPPA	Note
LA, LAS	LAS, La	5
Lsa, A, Al, Als	Sal, A, Al, Als	4
L, LL, LM, LMS, Sa	LL, L, LSa	3
Ls, LLs, Alo, As	Sa, AA, Ls, AS, As	2
S, SI	SS, S, SI	1

Si aucun des deux n'est renseigné on utilise les valeurs granulométriques pour estimer la classe de texture.

3) pH

La mesure du pH dans l'eau d'un sol permet de définir son état d'acidité ou d'alcalinité (ou statut acido-basique). Il donne des informations sur la capacité d'absorption des éléments nutritifs et sur les risques de toxicité (plus le pH est bas plus les métaux sont solubles donc assimilables par les plantes).

Les classes du GEPPA sont retenues : < 5.5 , $5.5 \text{ à } 6.5$, $6.5 \text{ à } 7.5$, $7.5 \text{ à } 8.5$, > 8.5

Pour caractériser le pH, 2 critères sont retenus : le pH de surface caractéristique des pratiques liées aux conduites culturales, et un pH moyen sur l'ensemble de l'épaisseur du sol permettant de caractériser l'impact de la nature du matériau parental. Chaque demi-note varie de 0.5 à 2.5, de manière à ce que la somme des 2 varie de 1 à 5.

pH de surface	NOTE 1	pH moyen	NOTE 2	NOTE 1 + NOTE 2
< 5.5	0.5	< 5.5	0.5	1
$5.5 \text{ à } 6.5$	1.5	$5.5 \text{ à } 6.5$	1.5	2
$6.5 \text{ à } 7.5$	2.5	$6.5 \text{ à } 7.5$	2.5	
$7.5 \text{ à } 8.5$	1.5	$7.5 \text{ à } 8.5$	1.5	
> 8.5	0.5	> 8.5	0.5	



Flore Vigneron pour le projet MUSE

La somme des 2 notes donne une note globale pour le profil intégrant le pH de surface et le pH moyen du profil.

NOTE 1 + NOTE 2
1
2
3
4
5

DoneSol

pH de surface : valeur de pH exprimée pour la strate de surface (valeur modale du champ NOM = PH_EAU dans la table strate_quant). Si elle n'est pas présente, calcul d'une moyenne à partir des données Min et Max)

pH moyen sur l'ensemble du profil : moyenne des valeurs de pH pondérées par les épaisseurs des strates (valeur modale du champ NOM = PH_EAU dans la table strate_quant, si elle n'est pas présente, calcul d'une moyenne à partir des données Min et Max) divisée par l'épaisseur totale du profil.

4) Profondeur du sol

La profondeur du sol est exprimée en cm jusqu'à ce que l'horizon M, R, D suivant la classification du Référentiel Pédologique soit atteint. Sans renseignement d'une valeur, la classe >100 cm sera privilégiée.

Classes retenues : < 25, 25 à 60 cm, 60 à 100 cm, > à 100 cm

Profondeur du sol	NOTE
> à 100 cm	5
60 à 100 cm	3
25 à 60 cm	2
< 25	1

DoneSol

Champ : PROF_SOL_MOD table UTS

Si PROF_SOL_MOD n'est pas présent, la valeur est calculée en faisant la moyenne de PROF_SOL_MIN et PROF_SOL_MAX. Si seul PROF_SOL_MIN est présent, on retient alors cette valeur.

Si ces champs ne sont pas renseignés, on considérera que l'UTS appartient à la classe > à 100 cm.

5) Charge en éléments grossiers (EG)

La charge en éléments grossiers est un facteur important pour le travail du sol, en termes d'usure du matériel mais aussi pour la rétention de l'eau des éléments nutritifs.

La valeur modale sera privilégiée et si elle n'est pas renseignée on fera la moyenne de val_min et val_max.

CHARGE EN EG	NOTE
≤ 5 %	5
Entre 5 et 20 %	3
> 20%	1

DoneSol

Valeur de la strate de surface : STRATE_QUANT, NOM_VAL = ABONDANCE_EG Valeur sur la strate 1 (hors strate 0).

Nous prenons la valeur modale et si elle n'est pas renseignée, la moyenne de val_min et val_max.



6) Les classes de Potentiel agronomique

Représentation du potentiel agronomique en classes, répartie en fonction des sommes des notes obtenues pour chaque critère mentionné précédemment avec :

Note finale		
≥ 20	5	Aptitude très élevée (attention aux contraintes potentielles)
17-19	4	Aptitude élevée (attention aux contraintes potentielles)
14-16	3	Aptitude moyenne (attention aux contraintes potentielles)
11-13	2	Aptitude faible (attention aux contraintes potentielles)
≤ 10	1	Aptitude très faible (attention aux contraintes potentielles)

L'attribution de la note est effectuée sur les Unités Typologiques de Sols (UTS) mais la représentation se fait au niveau de l'Unité Cartographique de sol (UCS). Une UCS peut contenir de 1 à plusieurs UTS présentant des modalités de potentiel agronomique différent, il y a nécessité d'agréger l'information pour représenter une seule modalité par UCS.

Le choix de représentation va se faire sur la modalité dominante. C'est-à-dire que pour chaque UCS, la note de potentiel agronomique de l'UTS dominante, c'est-à-dire présentant le pourcentage le plus important dans l'UCS sera retenue comme valeur pour l'UCS.

Exemple :

No_ucs	No_uts	Pourcentage	Note	Note retenue	Pourcentage de représentation
4	26	30	2		
4	28	40	5		
4	59	30	2	2	60 %
5	72	100	1	1	100 %
6	3	10	4		
6	9	30	1		
6	8	40	4		
6	18	20	2		
				4	50 %

Pour chaque UCS, l'information dominante est donc associée à un pourcentage de présence dans l'UCS, obtenu à partir de la somme des pourcentages des UTS présentant la même modalité au sein de l'UCS. Les pourcents restant expriment le fait qu'ils représentent des sols avec une autre appréciation du potentiel agronomique (figure 2).

Associée à une carte informant sur la représentativité de l'information puisque la phase d'agrégation pour la représentation au niveau de l'UCS nous oblige à des choix de représentation.

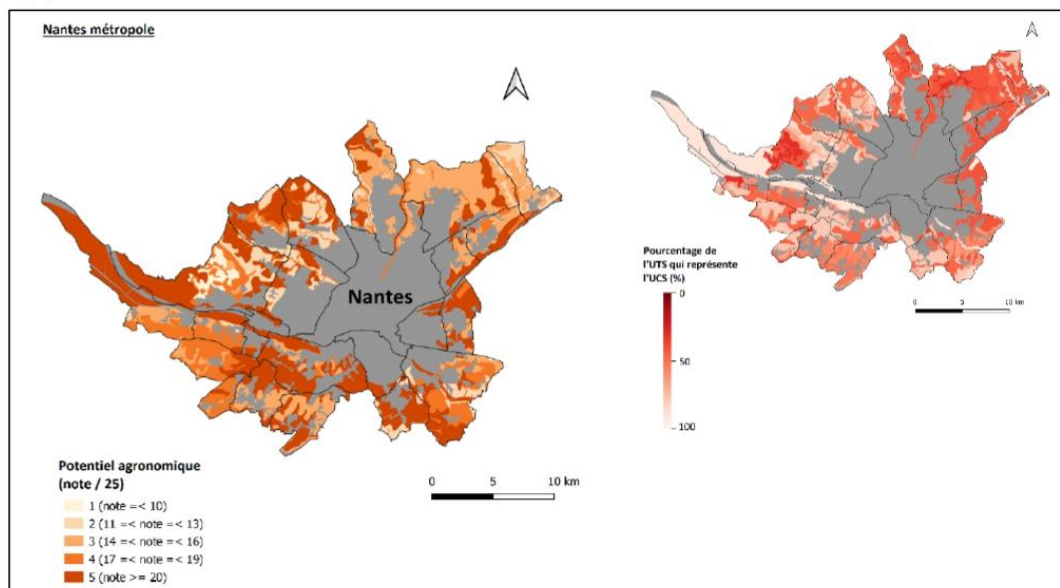


Figure 2 : Représentation de la carte du potentiel agronomique de Nantes Métropole

Des cartes complémentaires indiquent des contraintes vis-à-vis de la pente, de la salinité et de l'hydromorphie.

Contraintes supplémentaires

Cette deuxième étape d'évaluation des sols au niveau agronomique permet de caractériser le sol en indiquant si des contraintes fortes peuvent s'opposer à une bonne aptitude agronomique du fait d'un engorgement en eau très fort, d'une pente excessive, d'une contamination ou d'une salinisation. Ces contraintes peuvent être rédhibitoires pour la production de telle ou telle culture et vont nécessiter une adaptation des pratiques ou une reconversion vers une occupation adaptée (exemple : prairie saline du Mont St-Michel).

1) Hydromorphie

Les sols sont définis en fonction de l'intensité de leur engorgement en eau, c'est à dire leur degré d'hydromorphie et selon les classes GEPPA (figure 3) :

- sains (ceux qui ne rentrent pas dans les classes GEPPA)
- hydromorphie entre 50 et 80 cm (classe III)
- hydromorphie entre 25 et 50 cm (classe IV)
- hydromorphie entre 0 et 25 cm (classe V et VI (- Vld))
- hydromorphie dès la surface avec un horizon réduit avant 50 cm (classe Vld)

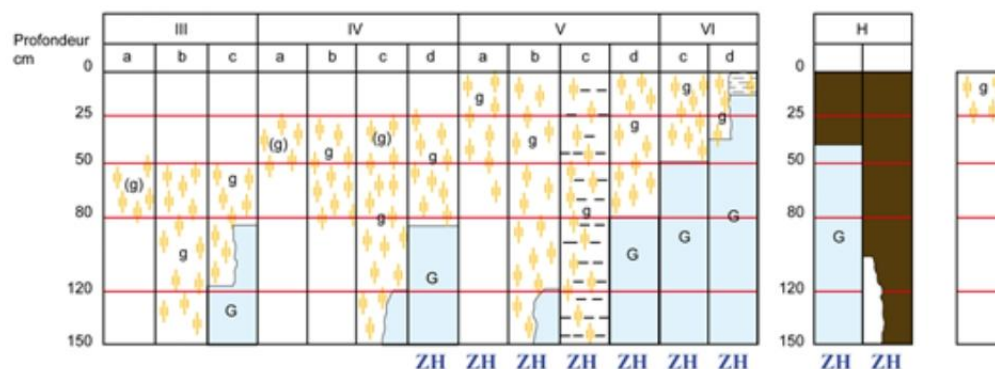
Les sols présentant les caractères suivants sont considérés avec une contrainte majeure :

HYDROMORPHIE	Drainage_naturel	NOTE	
hydromorphie entre 0 et 25 cm (classe V et VI (- Vld) classe GEPPA)	> 4	0	Contrainte majeure
hydromorphie dès la surface avec un horizon réduit avant 50 cm VI d (Classe GEPPA)	> 4	0	Contrainte majeure
HISTOSOLS		0	Contrainte majeure

Remarque : les HISTOSOLS et REDUCTISOLS (RP_NOM_2008 ou RP_NOM_95 ou RP_95_GER ou RP_2008_GER) rentrent directement en contraintes majeures

DoneSol

Utilisation du champ DRAINAGE_NAT de la table UTS



Morphologie des sols correspondant à des "zones humides" (ZH)

- horizon rédoxique peu marqué (g)
- horizon rédoxique marqué g
- Nappe
- horizon réductique G
- horizon histique H

D'après les classes d'hydromorphie du Groupe d'Etude des problèmes de Pédologie Appliquée (GEPPA, 1981)

Figure 3 : Classes d'hydromorphie du GEPPA

2) Salinité

Distinction en 2 classes :

- les sols non salés : sans contrainte
- les sols salés : contrainte pour l'agriculture

DoneSol

Utilisation champ SALURE table UTS

Code	Signification	Note
0	Non salé ($CE^* \leq 2$ mS/cm)	1
1	Légèrement salé ($2 <...< 4$ mS/cm)	0
2	Moyennement salé ($4 <...< 8$ mS/cm)	0
3	Salé ($8 <...< 16$ mS/cm)	0
4	Très salé (> 16 mS/cm)	0

*CE = conductivité électrique

Les informations sur la salinité et sur l'hydromorphie sont représentées par une carte définissant un pourcentage d'UTS au sein de chaque UCS répondant aux contraintes énoncées.

3) Pente

Le seuil de 10 % correspond aux terrains non mécanisables et sans labour en période hivernale.

La question des terrasses est posée : avec une résolution à 25 m, l'IGN ne voit pas les terrasses fonctionnelles ou anciennes (et encore plus vrai en milieu urbain). Des terrains en terrasse risquent donc d'être déclassés.

L'information utilisée est le Modèle Numérique de Terrain.



4) Contamination (non pris en compte)

Selon le contexte, la contamination peut être considérée comme une contrainte majeure et donc un facteur réhibitoire, par exemple pour le potentiel agronomique, ou bien comme une “dégradation” qui viendrait minorer la note initiale. La contamination se surimpose aux caractéristiques intrinsèques du sol (en particulier le matériau parental pour les éléments ou composés inorganiques) et dépend des activités anthropiques passées et actuelles.

Il n'existe pas pour le moment de référentiel de contamination des sols, qu'ils soient urbains, agricoles ou forestiers. Différentes approches peuvent être envisagées pour avancer sur ce sujet :

- évaluer le niveau de contamination par rapport à un fond pédogéochimique national ou local pour vérifier l'existence éventuelle d'anomalies. Selon les anomalies constatées, une évaluation des risques permettra de vérifier la compatibilité avec les usages envisagés ou potentiels,
- vérifier si une réglementation s'applique sur tout ou une partie du secteur (réglementation pour l'épandage des boues d'épuration en France par exemple),
- évaluer la présence de sources potentielles de contamination liées aux activités anthropiques. Ceci est particulièrement utile en milieu urbain.

En milieu rural, il est possible de s'appuyer sur le fond pédogéochimique issu des travaux du RMQS.

Ces informations ne sont en effet pas présentes dans les données présentes dans les Référentiels régionaux Pédologiques. Villanneau et al., 2008 ont ainsi proposé des valeurs “habituelles” sur la base des mesures faites dans le cadre du RMQS. Ils ont effectué le même calcul pour la base de données ANADEME de Baize et al, 2007 (analyses de sols avant épandage de boues de stations d'épuration). Sous réserve de relative homogénéité géochimique des roches sur lesquelles se développent les sols (ex. METOTRASS, Le Guern et al 2013), on peut envisager de se baser sur ces valeurs pour détecter localement (rayon de 50 km) des anomalies. D'autres bases de données relatives aux teneurs totales et pseudo-totales en ETM dans les sols existent en France : Aspitet (1200 sites sous agriculture ou sous forêt analysés en surface et en profondeur sur la moitié nord de la France), le référentiel pédogéochimique du Nord Pas de Calais (267 sites sous agriculture ou sous forêt analysés en surface et en profondeur dans le Nord Pas de Calais) et le programme Nicosia (3900 sites sous agriculture et sous forêt analysés en surface en Nord Pas de Calais). Elles pourraient être utilisées afin d'établir des seuils d'anomalies plus précis (locaux) de par le grand nombre de données disponibles sur des territoires plus restreint (tel que l'ont fait Mathieu et al. en 2008 avec Aspitet et Anademe). En zone urbaine, une BD est progressivement constituée par le BRGM pour compiler les données sur les sols urbains (BDSolU) et proposer des référentiels locaux de fond pédogéochimique anthropisé (intégrant les contaminations diffuses liées aux activités anthropiques historiques et récentes).

Les informations contenues dans les BD BASIAS et BASOL et les SIS informent sur des sources potentielles de contamination, liées pour l'essentiel à des activités industrielles et des services (également activités militaires pour les SIS). Les Inventaires Historiques Urbains (IHU) permettent de préciser l'emprise des anciens sites industriels et activités de service de BASIAS à l'échelle du parcellaire cadastral. Ces informations peuvent orienter vers le besoin d'analyses supplémentaires.

Dans la plupart des cas, des analyses complémentaires seront nécessaires s'il y a suspicion de contamination, tant en milieu urbain qu'agricole ou forestier.

Dans le cadre de MUSE, il est proposé une carte indiquant la localisation des sources de pollution (potentielle) issues des bases de données BASIAS, BASOL et des SIS. Les données correspondantes sont directement visibles sous le portail cartographique Géorisques.



Exemple de représentation cartographique sur Nantes Métropole :

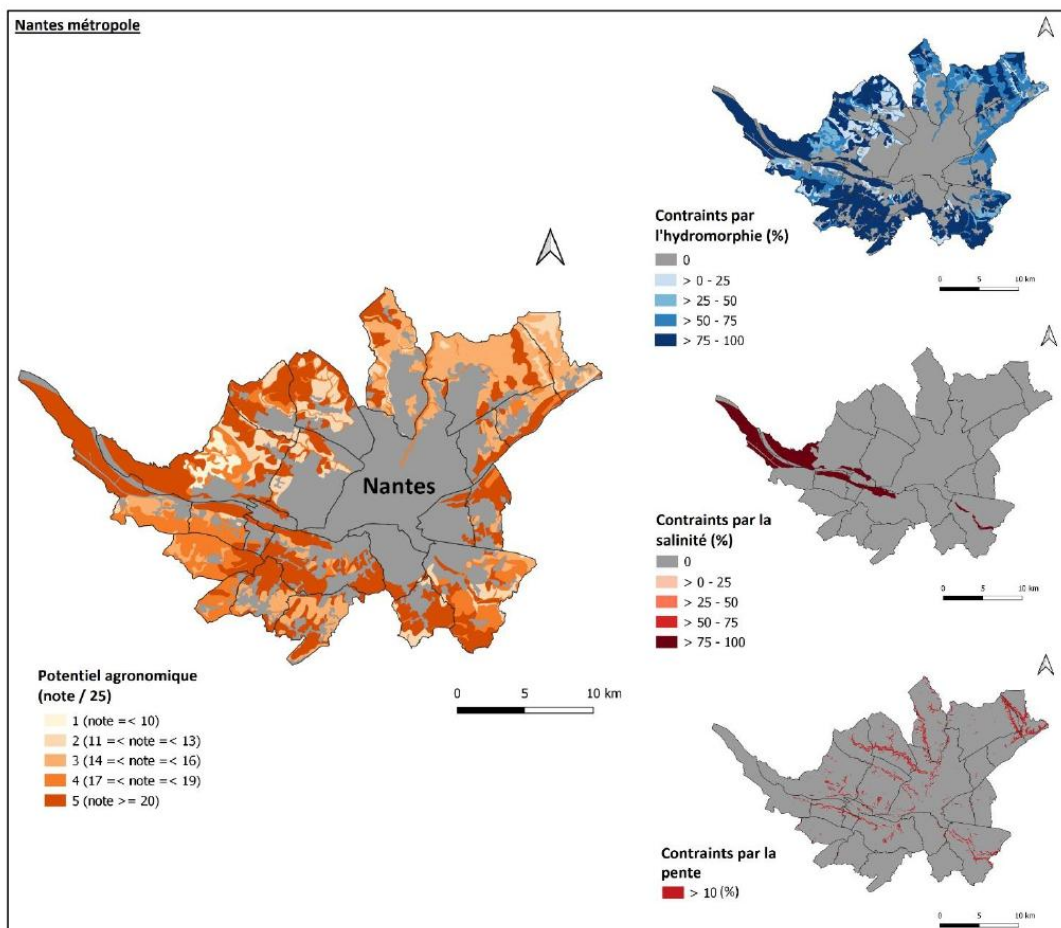


Figure 4 : Représentation du potentiel agricole et des contraintes supplémentaires (hors contamination) de Nantes Métropole

Incertitudes de l'indicateur Potentiel agricole

L'échelle de validité des cartes de potentiel agricole reste celle des données d'origine (1/250000^{ème}). Attention donc à ne pas interpréter ces données à une échelle inférieure. En effet, ces cartes sont réalisées grâce aux données des Référentiels Régionaux Pédologiques et les notes, spatialisées sur les grandes surfaces que sont les UCS, sont hétérogènes car elles proviennent en réalité de l'UTS dominante et ne sont donc pas entièrement représentatives d'une UCS. Des cartes informant du pourcentage de représentation de l'information, soit la somme des pourcentages des UTS présentant la même modalité au sein d'une UCS, accompagnent chaque carte d'indicateur. De plus, elles ne disposent pas de valeurs pour les sols urbains (emprise grise sur la carte du potentiel agricole).

Enfin, la méthode est basée sur les paramètres intrinsèques aux sols, c'est-à-dire sur des propriétés dites statiques, peu variables au cours du temps (sauf pour le pH de surface). Mais le potentiel agricole dépend également de propriétés dites dynamiques, comme la teneur en nutriments dans les sols. Ces paramètres dépendent beaucoup de l'usage du sol et des intrants par exemple en nitrates, phosphates ou autres par les agriculteurs et ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'indicateur.



Flore Vigneron pour le projet MUSE

Réservoir Utile (RU)

Définition et méthode de calcul du réservoir utile

Le réservoir utilisable est également un paramètre intéressant à cartographier sur les trois collectivités. Il se définit comme « la quantité d'eau que le sol peut stocker et restituer aux plantes pour leur production de biomasse » (Vaihmeier et Hendrickson, 1927). C'est un paramètre de transfert sol-plante identifié par le bilan hydrique pour les agronomes.

Cette mesure peut être obtenue par des mesures en laboratoire, par combinaison d'informations issues des bases de données ou par des fonctions de pédotransfert.

La méthode développée ici s'appuie sur les informations contenues dans les bases de données, au format DoneSol. La seule contrainte et qui n'a pas été tranchée est la profondeur de sol qui est considérée. Par comparaison des différents sols entre eux, et dans le cas où le matériau non altéré (roche mère, matériau parental) n'est pas atteint, une profondeur maximale de 120 cm est définie. Elle correspond à une profondeur moyenne d'enracinement des cultures et à une profondeur « facilement » observable à la tarière.

Bien qu'il existe de nombreuses méthodes d'estimation du RU, nous avons retenu la méthode Bruand et al (2004). D'autres méthodes sont également possibles telles que Mercedes Roman Dobarco (<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.02.036>) et une fonction européenne (Updated European hydraulic pedotransfer functions with communicated uncertainties in the predicted variables).

Description des données :

Données issues de DoneSol (Référentiel Régional Pédologique)

Informations minimales sur les sols : RRP (Référentiel Régional Pédologique) en format DoneSol.

DoneSol :

Table UCS

NO_UCS : numéro de l'UCS, lien avec la partie graphique

Id_ucs lien avec les autres données DonesSol

Table L_UCS_UTS : POURCENT : pourcentage de l'UTS dans l'UCS.

Table UTS

RP_2008_GER, RP_2008_nom

RP_95_GER, RP_95_nom

Table STRAT_QUAL :

NOM_VAR = TEXTURE AISNE (mode PRIN) : donne la classe texturale selon le triangle de texture de l'Aisne (mode PRIN en donne la classe principale)

NOM_VAR = TEXTURE GEPPA (MODE PRIN) donne la classe texturale selon le triangle de texture du GEPPA

Table STRATE :

RP_95_NOM : donne le nom de la strate dans le référentiel français de 1995

RP_2008_nom : donne le nom de la strate dans le référentiel français de 2008

PROF_APPAR_MIN : donne la profondeur d'apparition minimale de la strate

PROF_APPAR_MOY : donne la profondeur d'apparition moyenne de la strate

PROF_APPAR_MAX : donne la profondeur d'apparition maximale de la strate

EPAIS_MOY : donne l'épaisseur moyenne de la strate

EPAIS_MIN : donne l'épaisseur minimale de la strate

EPAIS_MAX : donne l'épaisseur maximale de la strate

NO_STRATE : donne le numéro de la strate de 1 à n depuis la surface

NO_UTS : donne le numéro de l'UTS

ID_UTS : donne l'identifiant de l'UTS (lien entre les différentes tables)

Table STRATE_QUANT :

NOM_VAR = ABONDANCE_EG (VAL_MIN, VAL_MOD, VAL_MAX) : donne l'abondance en % des éléments grossiers

NOM_VAR = TAUX_LIMON (valeur minimale, modale, maximale) :

NOM_VAR = TAUX_SABLE (valeur minimale, modale, maximale)

NOM_VAR = TAUX_ARGILE (valeur minimale, modale, maximale)

Données complémentaires

Les estimations de réserve en eau se feront à partir de la littérature avec une attribution d'une hauteur d'eau en fonction de la position des horizons (en surface ou en profondeur) et de leur classe texturale du triangle de l'Aisne. Pour les RRP dont les



Flore Vigneron pour le projet MUSE



informations ne sont pas exprimées dans ce triangle textural, une attribution de la classe sera faite à partir des données modales de limons, sables et argiles. Elle se fera via une fonction sous R. <https://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/index.html>

Remarques complémentaires :

Retrait des HISTOSOL et strates organiques (O et/ou H)

Attention : Retirer les strates organiques de type O et/ou H (RP_95_nom, RP_2008_nom), nous ne pouvons actuellement pas calculer de RU pour ce type de strates. Les strates H dans les HISTOSOLS (RP_2008_GER, RP_95_GER) seront traitées à part.

Préparation pour les données d'épaisseur des strates

L'épaisseur moyenne de la strate est une valeur essentielle pour le calcul du RU. Cette variable doit être absolument présente pour tous les enregistrements de la base. Si elle est absente, une estimation peut se faire par le calcul de la moyenne des profondeurs d'apparition à partir des valeurs minimale et maximale (si elles sont renseignées).

Le calcul se fera sur une épaisseur de 120 cm. Il faut borner les épaisseurs des dernières strates pour que la somme des épaisseurs des strates soit égale à 120.

Attribution des classes texturales du triangle de l'Aisne

Attribution d'une classe texturale du triangle de l'Aisne à partir des données de limons, sables et argiles ([à partir des valeurs modales](https://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/index.html)).
<https://cran.r-project.org/web/packages/soiltexture/index.html>

Les éléments grossiers

Les classes de pédotransfert fournies par la méthode Bruand *et al.* (2004) sont pour la phase fine du sol. L'abondance des éléments grossier, nous sert au calcul du % de terre fine qui sera utilisé pour le calcul du RU. Nous prenons la valeur modale et si elle n'est pas renseignée, nous retenons la moyenne de val_min et val_max. Les travaux de Marion Tetegan (2011) montrent que soustraire le volume représenté par les EG n'est pas si simple. Les EG peuvent contenir de l'eau en fonction de leur nature et de leur propriété. Par exemple une craie peut retenir un volume d'eau important. Les recherches actuelles ne permettent pas d'avoir des références pour chaque type d'éléments grossiers. Par conséquent nous ne pouvons pas intégrer le volume d'eau contenu par les éléments grossiers.

Par souci de simplification, le pourcentage d'éléments grossiers sera retiré au volume de terre fine sur lequel s'applique le traitement. Pour les strates présentant des éléments grossiers, le RU sera sous-estimé.

Calcul du RU :

À partir de la table générale sur les UTS et complétée par les informations définies en 2. Le calcul du réservoir Utile s'appuie sur le tableau de Bruand (tableau 1)

Le calcul est fait pour chaque strate suivant la formule suivante :

$$RUI = (\text{coef} * \text{tf}) * \text{epais_moy.}$$

où coef est la RU estimée à partir de la texture selon le tableau de Bruand *et al.* (2006), tf représente le % de terre fine et *epais_moy* représente l'épaisseur moyenne de la strate.

Exemple : strate A de 25 cm présentant une texture SA avec 10 % d'éléments grossiers, soit 90 % de terre fine.
(25 * 1.28) * 0.9 = 28.8 -> pour cette strate le RU est de 28.8 cm.

Ce calcul est effectué pour chaque strate, les valeurs obtenues sont alors sommées par UTS. On obtient une valeur de RU par UTS. Attention **la profondeur de référence reste 120 cm.**



Tableau 1 : références pour chaque classe texturale (Bruand et al, 2006) :

type horizon (= RP_95_NOM)	Texture (= TEXTURE AISNE)	RU (pF2 – pF4.2) mm/cm
A (surface)	ALO	1.24
	AL	1.36
	AS	1.73
	A	0.93
	LA	1.73
	LAS	1.67
	LSA	1.43
	LM	2.13
	LMS	1.83
	LS	1.62
	LLS	1.20
	LL	1.40
	SA	1.28
	SL	1.31
	S	0.60
E, B, C	ALO	1.12
	AL	1.13
	AS	0.95
	A	0.93
	LA	1.49
	LAS	1.48
	LSA	1.27
	LM	2.07
	LMS	1.96
	LS	1.62
	LLS	1.20
	LL	1.40
	SA	1.03
	SL	1.16
	S	0.73

Agrégation du résultat à l'UCS :

La représentation de l'information ne peut se faire qu'au niveau de l'UCS, alors que nous avons plusieurs valeurs différentes pour chaque UTS qui compose l'UCS. Une agrégation de l'information est alors obligatoire.

A partir de la table résultat qui donne pour chaque UTS une valeur de RU, une jointure est faite avec la table L_UCS_UTS qui permet d'associer les UTS aux UCS et d'obtenir le pourcentage de représentation de l'UTS dans l'UCS.

Nous devons donc récupérer les champs suivants :

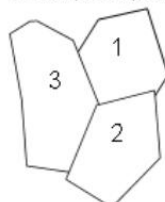
- NO_UTS
- POURCENT : donnant le % de l'UTS dans l'UCS
- NO_UCS : permettant de faire le lien avec la couche graphique
- RU : issu de notre calcul précédent

3 méthodes de calcul : Représentation par la moyenne pondérée, dominante ou par le pourcentage (figure 5)



En amont, la thématique est traitée dans un modèle. Une table résultat est alors obtenue

Un exemple est présenté avec le tableau ci-dessous, exemple de la réserve utile.



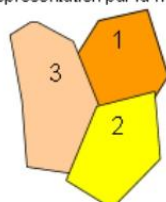
UCS	UTS	%	RU (mm)	Classe de RU
1	11	35	50	2
1	12	40	170	5
1	13	25	60	2
2	35	10	150	4
2	37	90	25	1
3	2	100	55	2

Pour l'exemple présenté, la RU est répartie suivant 5 classes :

- 1 0 à 40 mm 3 80 à 120 mm 5 > 120 mm
2 40 à 80 mm 4 120 à 160 mm

Comment spatialiser mon traitement ?

Représentation par la moyenne pondérée par le pourcentage de représentation de l'UTS dans l'UCS



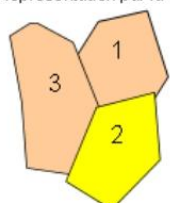
Pour l'UCS 1 : $50 \times 0.35 + 170 \times 0.4 + 60 \times 0.25 = 100.5$

UCS	VALEUR	classe	Ecart type
1	100.5	3	66
2	37.5	1	88
3	66	2	0

1. Calcul des valeurs
2. Affectation d'une classe
3. cartographie

Applicable uniquement sur des données quantitatives

Représentation par la classe dominante dans l'UCS

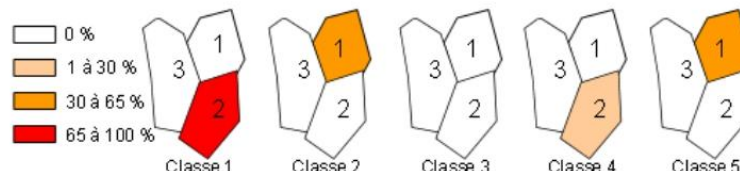


UCS	Classe dominante	pourcentage
1	2	60
2	1	90
3	2	100

1. Somme des pourcentages des mêmes classes
2. Affectation de la classe dominante
3. cartographie

Applicable uniquement sur des données qualitatives, sinon il est nécessaire de transformer les quantitatives en qualitatives sous forme de classes.

Représentation par le pourcentage de chaque classe par UCS



- 0 %
1 à 30 %
30 à 65 %
65 à 100 %

Classe 1

Classe 2

Classe 3

Classe 4

Classe 5

Figure 5 : Différentes formes de représentation de l'information

(https://sols-et-territoires.org/fileadmin/user_upload/documents/publications-marquantes/Guide_RMT_BD_Web.pdf)

Nous allons utiliser la méthode de moyenne pondérée. Nous calculons pour chaque UCS, la moyenne du RU pondérée par le % de chaque UTS.

La moyenne pondérée est la moyenne d'un certain nombre de valeurs affectées de coefficients.

$$ru_ucs = (ru_uts1 * \%_uts1) + \dots + (ru_utsn * \%_utsn) / 100$$

avec uts1...utsn

Nous allons également calculer l'écart type sur chaque UCS afin de pouvoir réaliser une carte des écarts types pour aider à l'utilisation de la carte obtenue.

Nous avons en résultat une valeur moyenne et un écart type par UCS de la valeur du RU.

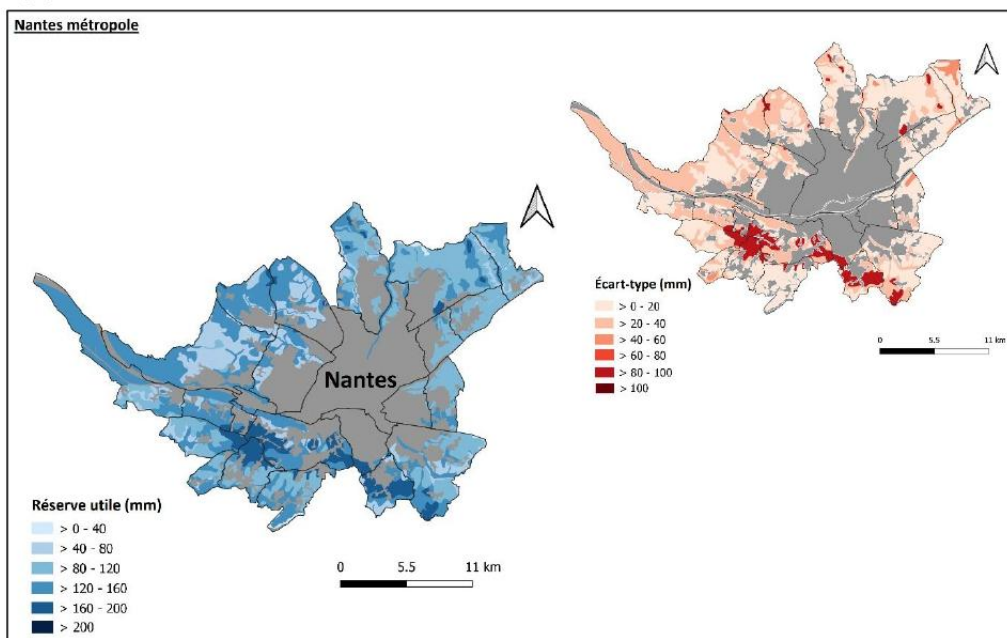


Figure 6 : Représentation du Réservoir Utile de Nantes Métropole

Pareillement à toutes les cartes spatialisant des données issues des Référentiels Régionaux Pédologiques, les cartes de réservoir utile ne disposent pas de valeurs pour les sols urbains et leur échelle de validité reste celle des données d'origine (1/250 000ème).



Projet MUSE financé par l'Ademe



Citation du livrable :

Branchu P., Marseille, F., Béchet B., Bessière J.-P., Boithias L., Duvigneau C., Genesco P., Keller C., Lambert M.-L., Laroche B., Le Guern C., Lemot A., Métois R., Moulin J., Néel C., Sheriff R. (2022). MUSE. Intégrer la multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme. 184 pages

Partenaires :

