

5 février 2026

DIAGNOSTIC DU POTENTIEL AGRONOMIQUE DES SOLS

Projet de parc agrivoltaïque sur la
commune de Gimont (32)



SIEGE SOCIAL

📍 1 Chemin du fescau
34980 Montferrier-sur-Lez
✉ contact@edagri.fr

Table des matières

I. PRÉSENTATION DU DEMANDEUR ET DU PROJET	4
I.1. Identification du demandeur	4
I.2. Présentation de la demande	4
I.3. Localisation du site objet de ce dossier	4
II. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE	5
II.1. Méthodologie employée	5
II.2. Résumé de l'étude préparatoire	5
III. ÉTUDE DE TERRAIN	6
III.1. Conditions lors du déplacement	6
III.2. Validation du plan d'échantillonnage	6
III.2.1. Observations de surface	6
III.2.2. Bilan des zones d'intérêt	7
III.3. Caractéristiques du sous-sol	8
III.3.1. Analyse du profil de sol par sondage tarière	8
III.3.2. Conclusion	8
IV. ANALYSES DE SOL EN LABORATOIRE	9
IV.1. Description des analyses	9
IV.2. Analyse physique du sol	9
IV.2.1. Analyse granulométrique	9
IV.2.2. Réserve utile du sol	10
IV.3. Analyse chimique du sol	10
IV.3.1. Résultats des analyses chimiques	10
IV.3.2. Capacité d'échange Cationique (CEC)	10
IV.3.3. Potassium et Magnésium échangeables	11
IV.3.4. Le phosphore disponible (méthode Joret Hébert)	11
IV.3.5. Étude du pH	12
IV.3.6. Matière organique (MO)	12
IV.4. Bilan des analyses	13
V. APTITUDE DES SOLS	14
V.1. Méthode pour les prairies	14
V.2. Limites de la méthode	14
V.3. Application de la méthode au sol de la zone	15
V.4. Conclusion	16
VI. ANNEXE	18

VI.1. Annexe 1 : Résultats des analyses en laboratoire.....	18
VI.2. Annexe 2 : Détails de la méthodologie utilisée (Source : CEREMA).....	19

Index des figures

<i>Figure 1 : Situation du projet et de l'ilot concerné.....</i>	<i>4</i>
<i>Figure 2 : Identification de l'ilot lors de l'étude préparatoire.....</i>	<i>5</i>
<i>Figure 3 : Photographies de la zone 1</i>	<i>6</i>
<i>Figure 4 : Carte des pentes (>10%).....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 5 : Délimitation de la zone étudiée.....</i>	<i>7</i>
<i>Figure 6 : Résultats de l'analyse granulométrique de la zone de prélèvement.....</i>	<i>9</i>
<i>Figure 7 : Bilan de l'analyse chimique de la zone 1</i>	<i>10</i>
<i>Figure 8 : Valeurs des éléments majeurs dans le sol du site.....</i>	<i>11</i>
<i>Figure 9 : Mesures des deux types de pH et du calcium du sol du site</i>	<i>12</i>
<i>Figure 10 : État organique de sol étudié.....</i>	<i>12</i>
<i>Figure 11 : Carte du potentiel agronomique des sols dans le cas d'une valorisation en prairies.....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 12 : Carte du potentiel agronomique des sols dans le cas d'une valorisation en grandes cultures</i>	<i>17</i>

Index des tableaux

<i>Tableau 1 : Présentation du demandeur.....</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 2 : Principales données de localisation du site du projet.....</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 3 : Calcul de la réserve utile du sol.....</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 4 : Informations et classement du sol de la zone selon son potentiel agronomique (méthode prairie).....</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 6 : Informations et classement du sol de la zone d'étude selon son potentiel agronomique..</i>	<i>15</i>
<i>Tableau 5 : Informations et classement du sol de la zone selon son potentiel agronomique (méthode culture)</i>	<i>16</i>

I. PRÉSENTATION DU DEMANDEUR ET DU PROJET

I.1. Identification du demandeur

Tableau 1 : Présentation du demandeur

Nom du demandeur	GREENVOLT POWER
Adresse du siège social	152 RUE PIERRE CORNEILLE 69003 LYON
Contact	Duane PETIT

I.2. Présentation de la demande

La société **GREENVOLT POWER** souhaite implanter un parc agrivoltaïque sur la commune de Gimont, dans le département du Gers (32). Dans le cadre de ce projet, un diagnostic du potentiel agronomique des sols a été réalisé sur la zone d'implantation d'une surface totale de 12,27 ha.

I.3. Localisation du site objet de ce dossier

Le site d'étude concerné est situé dans le département du Gers, en région Occitanie, à 50 km de Toulouse. La parcelle forme un ilot. Le climat du site dispose d'un ensoleillement généreux avec des étés tempérés et dégagés dans l'ensemble et des hivers très froids et partiellement nuageux, pouvant s'apparenter à un climat océanique.

Tableau 2 : Principales données de localisation du site du projet

Situation géographique de la commune	Département du Gers, 50 km de Toulouse
Adresse	6192 Chemin de Montiron, 32200 Gimont
Références cadastrales du site projeté	Section ZI, parcelle 20
Emprise du projet	12,27 ha

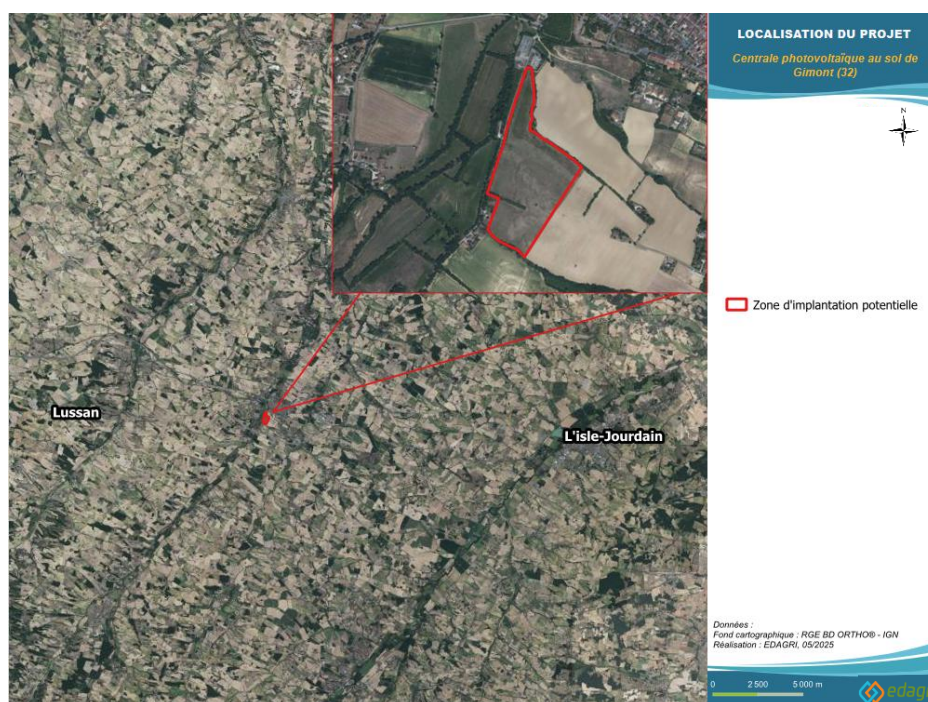


Figure 1 : Situation du projet et de l'ilot concerné

II. PRÉSENTATION DE LA MÉTHODOLOGIE EMPLOYÉE

II.1. Méthodologie employée

Dans l'objectif de réaliser le diagnostic pédologique du site, l'étude peut se diviser en 3 étapes :

- ✧ Une étude préparatoire dont l'objectif est de définir les caractéristiques générales du site et de construire un plan d'échantillonnage pertinent, avant toute intervention de terrain.
- ✧ Un déplacement terrain visant à valider le plan d'échantillonnage et effectuer les interventions suivantes :
 - Une observation générale du sol, de sa couleur, de sa végétation et de sa pierrosité,
 - Des sondages de sol visant à analyser la profondeur et le profil,
 - Des prélèvements de sol destinés à être envoyés à un laboratoire d'analyse.
- ✧ À la suite de la réception des résultats, une dernière étape de synthèse et d'interprétation des données sera effectuée.

II.2. Résumé de l'étude préparatoire

L'étude préparatoire a mis en évidence l'homogénéité de la zone d'étude, qui permet d'aboutir à un seul ilot, la zone 1.

La surface est une zone de jachère non irriguée depuis 1992 selon le propriétaire. La topographie de la zone d'étude inclue des pentes supérieures à 10%. Malgré cela, elle reste caractéristique d'un même ilot potentiellement similaire en termes de structure du sol.

La carte ci-après représente l'ilot de la zone d'étude.

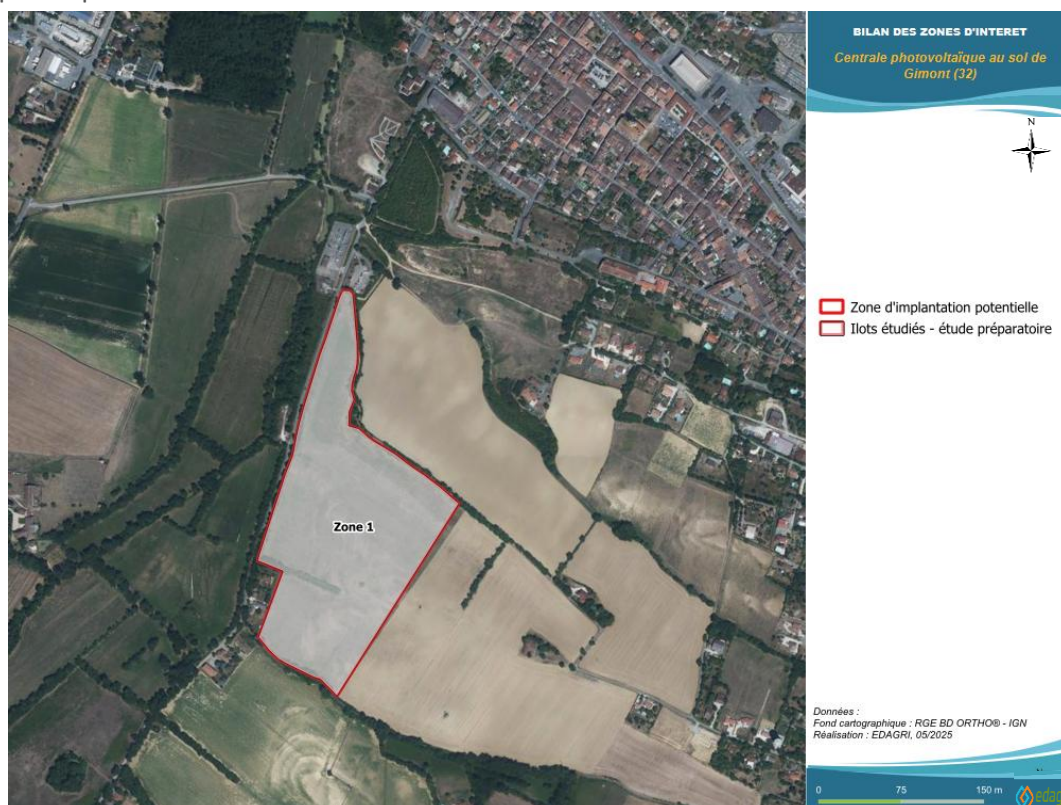


Figure 2 : Identification de l'ilot lors de l'étude préparatoire

III. ÉTUDE DE TERRAIN

III.1. Conditions lors du déplacement

Le déplacement terrain a eu lieu le 10 avril 2025 lors d'une journée ensoleillée. La température moyenne de la journée était d'environ 14°C. Les conditions étaient plutôt bonnes pour le prélèvement.

III.2. Validation du plan d'échantillonnage

III.2.1. Observations de surface

La zone étudiée est actuellement une surface de jachère non irriguée (et non irrigable). Elle dispose de zones bocagères à certaines extrémités de la surface pouvant permettre une certaine protection vis-à-vis des aléas climatiques en réduisant les phénomènes d'érosion par exemple, et fournir un réservoir de biodiversité également.

En effet, cette surface est pentue en moyenne de 14% avec des maxima pouvant aller jusqu'à 45% pouvant ainsi accélérer ses phénomènes d'érosion.

Le sol n'est pas travaillé car il n'y a pas de cultures ni de prairies implantées pour le moment. En revanche, un entretien est réalisé une fois par an au minimum par le propriétaire, pour réaliser quelques coupes de foin, lorsque cela est possible. Le sol est profond (environ 95 cm) et semble homogène sur l'ensemble de la parcelle (5 sondages pédologiques réalisés sur la totalité de la surface). D'après les observations, cet ilot pourra donc faire l'objet d'une seule analyse.



Figure 3 : Photographies de la zone 1

La carte des pentes (>10%) est représentée ci-après.

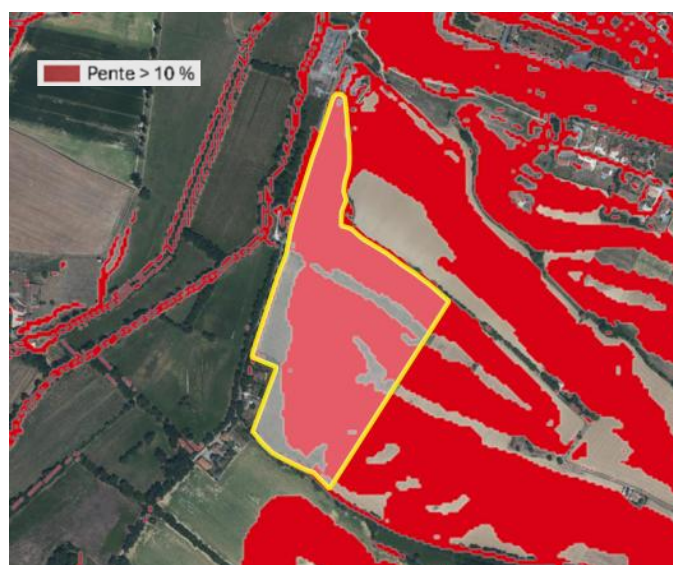


Figure 4 : Carte des pentes (>10%)

III.2.2. Bilan des zones d'intérêt

L'observation de terrain conduit à distinguer une seule zone (zone 1) comme initialement étudiée : cette zone est caractérisée par un sol profond, à dominance argileux.

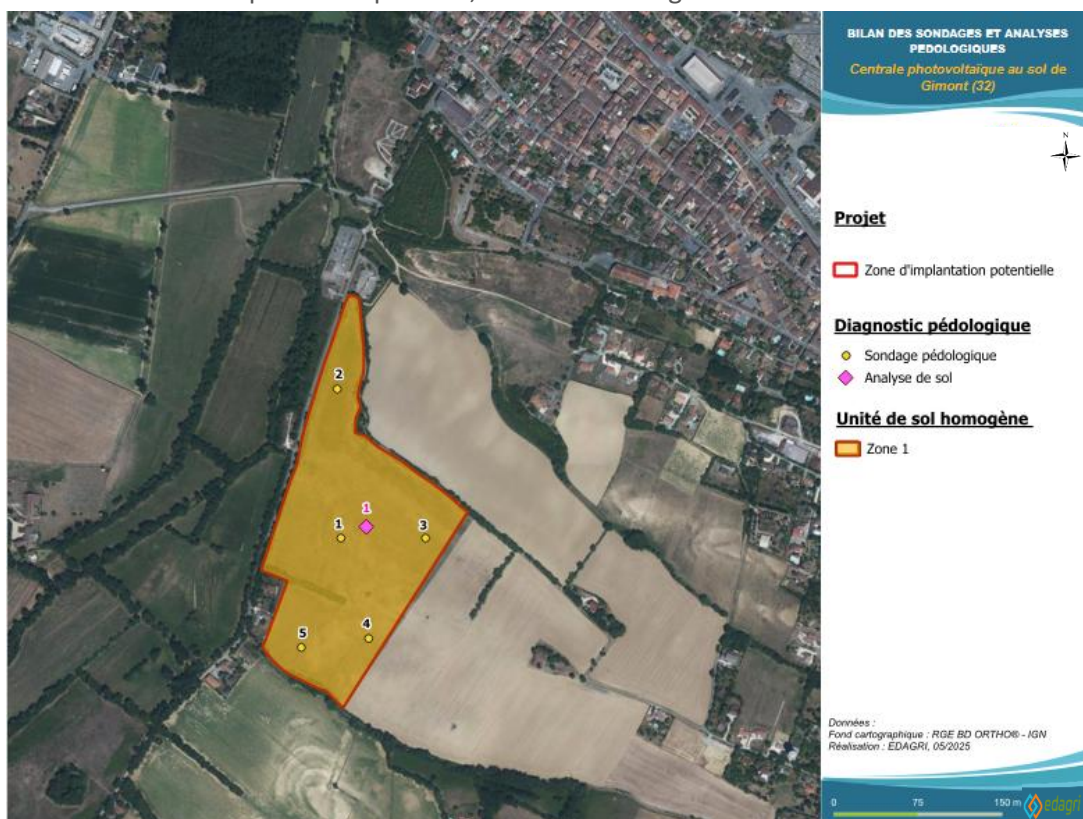
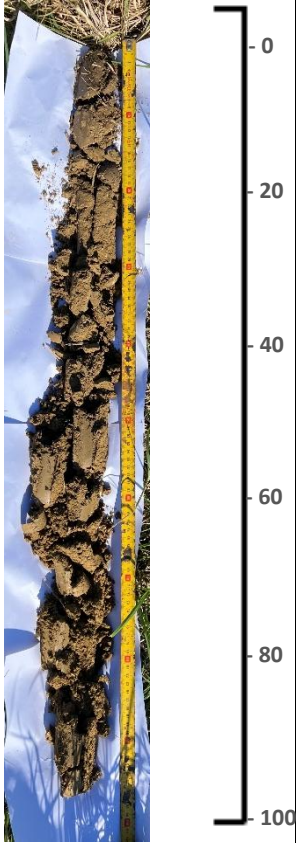


Figure 5 : Délimitation de la zone étudiée

III.3. Caractéristiques du sous-sol

III.3.1. Analyse du profil de sol par sondage tarière

Les prélèvements pour l'établissement du profil sont effectués au milieu des zones d'intérêt, sélectionnés aléatoirement en évitant les endroits présentant une végétation particulière ou un amas de pierres. Le sol est relativement riche en sable.

Zone	Profil	Profondeur	Observations
Zone 1		0-20 cm	Horizon carbonaté, Couleur brun Présence de limon + sable Absence d'hydromorphie
		20-40 cm	Horizon carbonaté, Cailloux < 15% Présence de sable Couleur brun clair Absence d'hydromorphie
		40-95 cm	Horizon carbonaté, Cailloux <10% Présence de sable Couleur brun clair
	La profondeur du sol variait entre 90 et 95 cm		

III.3.2. Conclusion

L'analyse du profil du sol sur le terrain montre la présence de la catégorie CALCOSOL pour la zone étudiée.

IV. Analyses de sol en laboratoire

IV.1. Description des analyses

Afin de compléter les observations visuelles effectuées sur le terrain, des prélèvements de terre ont été effectués sur place.

Traités par le laboratoire d'analyse Auréa, ils permettent d'analyser la composition physique fine ainsi que la dynamique chimique des sols du site, et ainsi de mieux comprendre le potentiel de ces sols.

Les profondeurs de prélèvement sont en règle générale de 15 cm pour les prairies permanentes et 20 cm pour les zones cultivées, ou alors jusqu'au blocage de la tarière pour les zones les plus superficielles.

Les analyses effectuées par la suite comprennent l'analyse granulométrique, celle des éléments chimiques majeurs du sol (Carbonates CaO, phosphore, potassium, magnésium, sodium), le taux de matière organique ainsi que le pH du sol.

IV.2. Analyse physique du sol

IV.2.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique du sol décrit sa composition physique fine, qui va influencer de nombreux paramètres physico-chimiques.

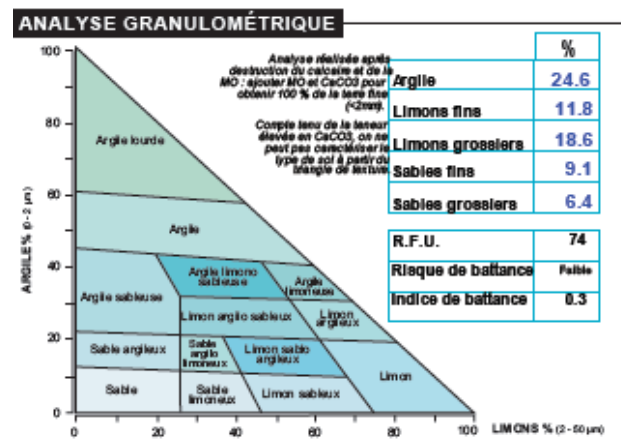


Figure 6 : Résultats de l'analyse granulométrique de la zone de prélèvement

La composition physique du sol est partagée entre argiles (50 μm), limons (entre 2 et 50 μm) et sables (>50 μm), auxquels sont ajoutés le calcaire contenu dans le sol et la matière organique. Les cailloux (diamètre supérieur à 2 mm) ne font pas partie de la terre fine, mais influencent les dynamiques physiques du sol.

Compte tenu de la teneur élevée en CACO₃, le type de sol n'a pas été caractérisé par le laboratoire d'analyse AUREA pour la zone étudiée. Par ailleurs, grâce aux taux d'argile et de limon, on peut tout de même situer le sol de **la zone 1** dans la classe Calcaro Limono argilo sableux (Las), qui est un sol plutôt facile à travailler, mais peut être sensible au tassement et à la battance en surface car la proportion de limon est assez significative (30,4%).

IV.2.2. Réserve utile du sol

La réserve utile d'un sol (RU) désigne la quantité d'eau qu'un sol est capable de stocker. Parmi cette réserve, on distingue la réserve facilement utilisable (RFU), qui caractérise la quantité d'eau très facilement accessible par les plantes. Si la RU peut être calculée à partir des caractéristiques du sol, on estime la RFU à partir de l'enracinement du sol par la culture ou la végétation.

Calculée d'après la méthode Bruand et Al (2004), la RU de chaque parcelle est indiquée dans le tableau ci-dessous. Le sol étant facile à explorer par les racines, la RFU atteint probablement les 2/3 de la RU.

Tableau 3 : Calcul de la réserve utile du sol

Parcelle	Zone A
Type de sol*	Las
RU/cm	1,67
Profondeur moyenne (cm)	95
RU totale (mm)	158,6
RFU (mm)	105,8

*Sa : Sable argileux, Sal : Sable argilo-limoneux, S : Sableux

La réserve utile de la zone 1 est très bonne.

IV.3. Analyse chimique du sol

IV.3.1. Résultats des analyses chimiques

L'analyse chimique du sol va déterminer sa richesse en éléments nutritifs, mais aussi les équilibres entre les différents éléments. Ainsi, l'abondance en un élément peut perturber la disponibilité d'un autre, et donc la capacité nutritive du sol.

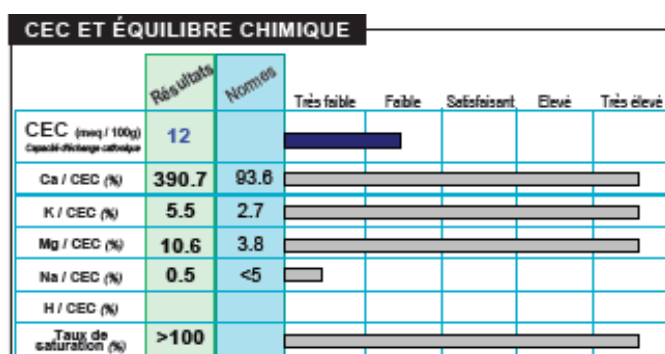


Figure 7 : Bilan de l'analyse chimique de la zone 1

IV.3.2. Capacité d'échange Cationique (CEC)

La CEC désigne la réserve nutritive du Complexe Argilo-Humique (CAH), c'est-à-dire la capacité du sol à retenir les éléments minéraux dont a besoin la plante pour sa croissance.

La CEC est faible mais reste correcte pour l'ensemble de la zone étudiée. Le sol a une plus grande difficulté à stocker les éléments nutritifs et les risques de lessivage sont importants. Ainsi, l'usage de fertilisants de manière fractionné reste une technique nécessaire sur ce type de sol pour espérer obtenir des rendements satisfaisants. Un point plus impactant est le taux de Ca/CEC qui est très élevé, signifiant que le sol est saturé en calcium pouvant ainsi créer un déséquilibre au niveau des autres éléments nutritifs présents.

IV.3.3. Potassium et Magnésium échangeables

L'équilibre entre le potassium (K) et le magnésium (Mg) est une donnée importante pour estimer la fertilité d'un sol. Si l'un des deux éléments est présent en trop grande quantité par rapport à l'autre, il risque de créer un antagonisme.

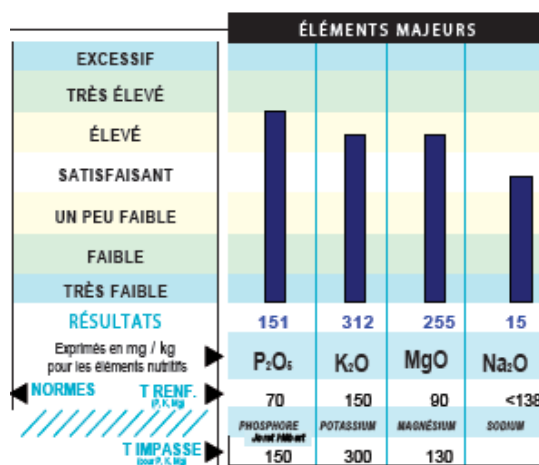


Figure 8 : Valeurs des éléments majeurs dans le sol du site

Le sol est bien pourvu en potassium et magnésium. Le rapport K/Mg de la zone est satisfaisant (1,2) ce qui signifie qu'il y a probablement pas d'antagonisme entre ces éléments.

IV.3.4. Le phosphore disponible (méthode Joret Hébert)

Le phosphore (P) est un élément essentiel à la croissance des plantes. Il est présent en abondance dans la croûte terrestre, mais la majorité se retrouve dans le sol sous une forme inaccessible aux plantes. Il est présent en bonne quantité sur le site.

IV.3.5. Étude du pH

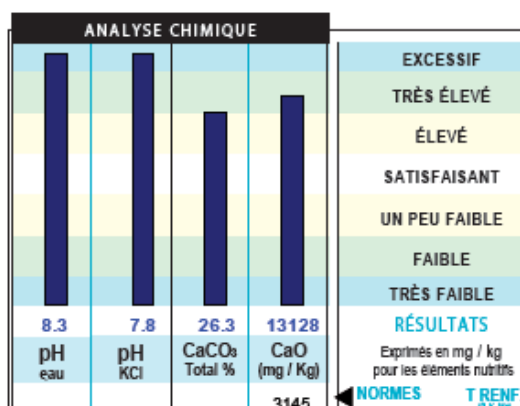


Figure 9 : Mesures des deux types de pH et du calcium du sol du site

On distingue deux mesures possibles de pH : le pH eau, qui est le pH actuel du sol que subissent les racines, et le pH KCl, qui est une mesure d'acidité potentielle.

Le pH est élevé sur la zone avec une acidification potentielle faible. Le taux de calcium très élevé corrobore les valeurs élevées du pH. Il est nécessaire de choisir des cultures adaptées tolérantes au milieu alcalin, ainsi que de prévoir des amendements de matière organique supplémentaire afin de maintenir l'activité microbienne dans le sol.

IV.3.6. Matière organique (MO)

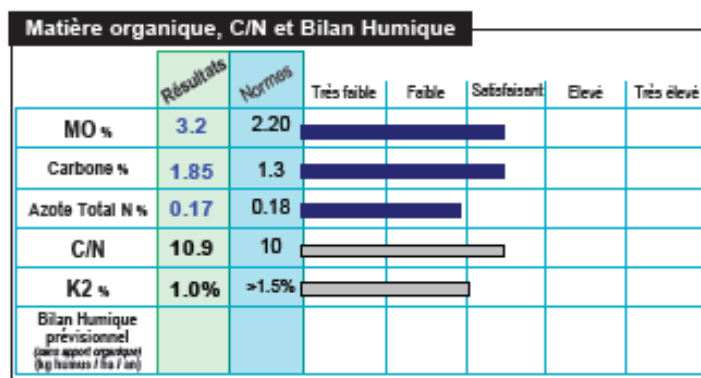


Figure 10 : État organique de sol étudié

Le K2 désigne le coefficient de minéralisation de la matière organique par la vie du sol, il dépend des paramètres physiques du sol et donne donc un potentiel de minéralisation. Il est quasi satisfaisant sur la zone étudiée, ce qui indique une activité de minéralisation plutôt normale.

Le taux de matière organique lui, est satisfaisant.

L'azote total est essentiellement constitué d'azote sous forme organique. Il sert principalement au calcul du rapport C/N qui quantifie la proportion d'azote dans la matière organique. Plus la matière organique est riche en azote, mieux elle sera dégradée. Le C/N est satisfaisant également.

IV.4. Bilan des analyses

Le sol est homogène sur l'ensemble du site, avec une pente significative pouvant entraîner des phénomènes de lessivage importants. C'est un sol Calcaro limono argilo sableux, disposant d'une teneur en limon importante (30,4%) avec la présence de cailloux à partir de 20 cm. Le sol possède une CEC faible compte tenu de sa texture. En revanche, le coefficient de minéralisation est satisfaisant pour l'ensemble de la zone, signifiant une activité de minéralisation correcte même si le pH reste trop élevé avec un excès de calcium présent dans le sol, impactant ainsi sa stabilité.

V. Aptitude des sols

V.1. Méthode pour les prairies

Les parcelles étudiées dans le présent dossier sont occupées par des jachères. 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) :

1. La profondeur du sol,
2. 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) :

Tableau 4 : Informations et classement du sol de la zone selon son potentiel agronomique (méthode prairie)

Critères	POTENTIEL AGRONOMIQUE		
	FAIBLE	MOYEN	FORT
Hydromorphie	Traits rédoxiques ou réductiques apparaissant avant 10 cm	Traits rédoxiques ou réductiques apparaissant entre 10 et 50 cm	Traits rédoxiques ou réductiques au-delà de 50 cm
Profondeur explorable par les racines	10 cm ou moins	10/15 cm	>15 cm

V.2. Limites de la méthode

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,). Il est donc important de considérer que le potentiel déterminé dans cette étude peut être influencé par ces facteurs. Dans certains cas, il peut alors être intéressant d'étudier les facteurs de façon indépendante afin de mettre en évidence certains paramètres discriminants.

La détermination du potentiel agronomique sur prairie est complexe, car elle dépend de différents facteurs dont la donnée n'est pas forcément disponible, en particulier les espèces qui la composent. L'objectif ici a été de classer la zone d'étude en fonction de critères globaux pouvant être appliqués à tout type de prairie. Il est important de noter que, suivant la composition floristique de cette dernière, les résistances et sensibilités peuvent varier.

V.3. Application de la méthode au sol de la zone

Le tableau suivant récapitule les notes données à l'ensemble des caractères pris en compte pour ce type de sol ainsi que la note globale qui correspond et le potentiel agronomique associé.

Tableau 5 : Informations et classement du sol de la zone d'étude selon son potentiel agronomique

Critères	Caractéristiques des sols	Note obtenue par les sols d'après la méthode MUSE
Type de sol	CALCOSOL	-
Hydromorphie	Traits rédoxiques ou réductiques au-delà de 50 cm	Fort
Profondeur exploitable par les racines	>15 cm	Fort

D'après les sondages pédologiques réalisés, aucunes traces d'hydromorphie n'a été détecté. Ainsi, nous prenons pour hypothèse l'apparition de traces d'hydromorphie potentielle au-delà de 50 cm. Le sol de la zone étudiée a donc **un potentiel fort** d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols du CEREMA.

Pour une valorisation en grandes cultures, la méthode est plus poussée étant donné que cette dernière est plus exigeante pour espérer obtenir des rendements convenables. Le potentiel agronomique des sols en grandes cultures est défini selon la méthodologie élaborée dernièrement par le CEREMA en collaboration avec d'autres structure (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**. 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 de la notation sont visibles en Annexe 2.

Tableau 6 : Informations et classement du sol de la zone selon son potentiel agronomique (méthode culture)

	Critères	Caractéristiques des sols	Note obtenue par les sols d'après la méthode MUSE
Caractéristiques intrinsèques	Type de sol	CALCOSOL	-
	RU moyenne des sols du profil (mm)	158,6	5
	Texture de surface	LAS	5
	pH	8,3	3
	Profondeur de sol	Entre 90 et 95 cm	3
	Charge en éléments grossiers	≤ 5%	5
			Total = 21/25
Contraintes supplémentaires	Hydromorphie	non	
	Pente	> 10%	Potentiellement non mécanisable
	Salinité	Non concerné	-
	Contamination	Non concerné	-

Le sol de la zone d'implantation a un potentiel élevé d'après la méthodologie d'évaluation du potentiel des sols du CEREMA (**méthode appliquée aux cultures**). La pente supérieure à 10 % rend la parcelle sensible à l'érosion et potentiellement non mécanisable. **Le potentiel retenu est donc moyen**, en ce qui concerne l'implantation de cultures sur la surface. Cette analyse permet de justifier le choix de l'exploitant dans la volonté de semer une prairie destinée à une activité pastorale, dans le cadre du projet agrivoltaïque.

V.4. Conclusion

Le site d'étude est constitué d'un type de sol à dominance Calcaro Limono argilo sableux. La zone étudiée est une surface de 12,27 ha en jachère depuis 1992, mais qui reste entretenue par le propriétaire régulièrement. Selon la méthode de calcul pour une valorisation en prairies, cette zone possède **un potentiel agronomique fort (Figure 11)**, suite à l'absence de traces d'hydromorphie avant 50 cm ainsi qu'à sa profondeur importante. Selon la méthode de calculs pour une valorisation en grandes cultures, les résultats montrent un potentiel agronomique moyen de la zone (Figure 12), permettant de justifier le choix de l'éleveur dans la volonté d'implanter une prairie au sein du parc agrivoltaïque.

D'un point de vue physique, la zone possède une topographie spécifique incluant des pentes importantes atteignant parfois 45%, pouvant limiter la mécanisation dans le cas de cultures exigeantes, comme le blé ou le maïs. Malgré quelques zones bocagères autour de la surface, la zone est tout de même exposée au risque d'érosion et de perte de stabilité du sol.

D'un point de vue chimique, la CEC est faible, mais le taux de matière organique est satisfaisant. Le pH en revanche, est trop élevé, principalement dû à la saturation en calcium du sol pouvant impacter la disponibilité d'autres éléments nutritifs.

En conséquence, suite à la texture du sol ainsi que les caractéristiques physiques de la parcelle, il serait préférable de privilégier l'implantation d'espèces prairiales sur la zone. En effet, la pente importante suppose un point d'alerte, pouvant contraindre l'activité agricole notamment dans le cadre de cultures

exigeantes. En raison des contraintes d'accès à l'eau, les cultures fortement consommatrices, telles que le maïs, sont difficiles à envisager sur la parcelle. L'implantation d'une prairie permanente destinée au pâturage ovin constitue dès lors un choix cohérent et durable.

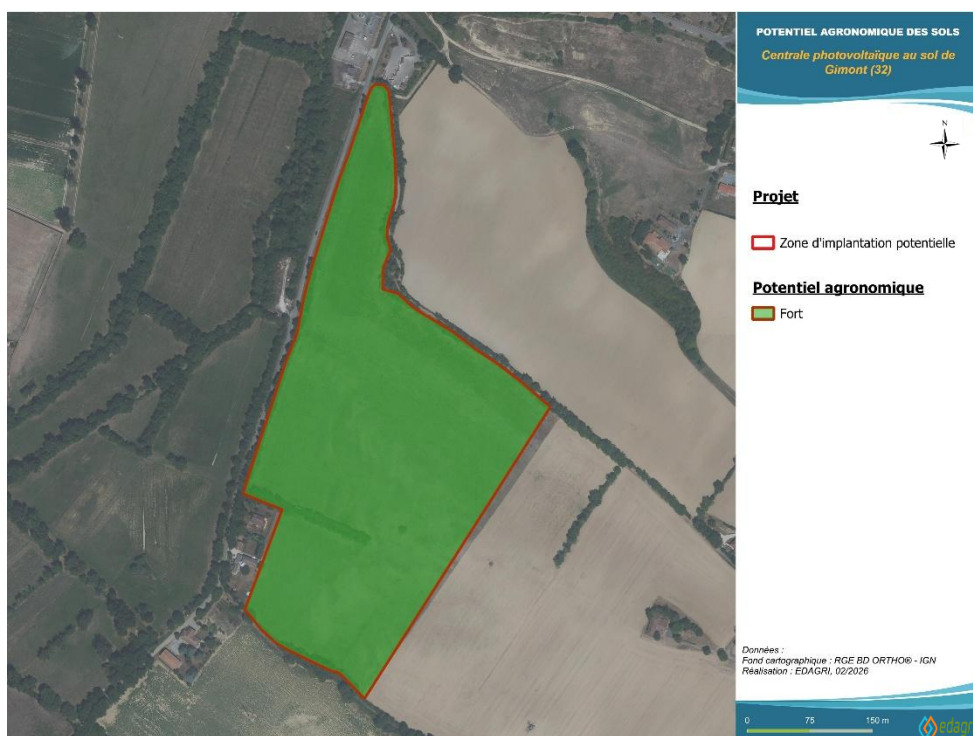


Figure 11 : Carte du potentiel agronomique des sols dans le cas d'une valorisation en prairies

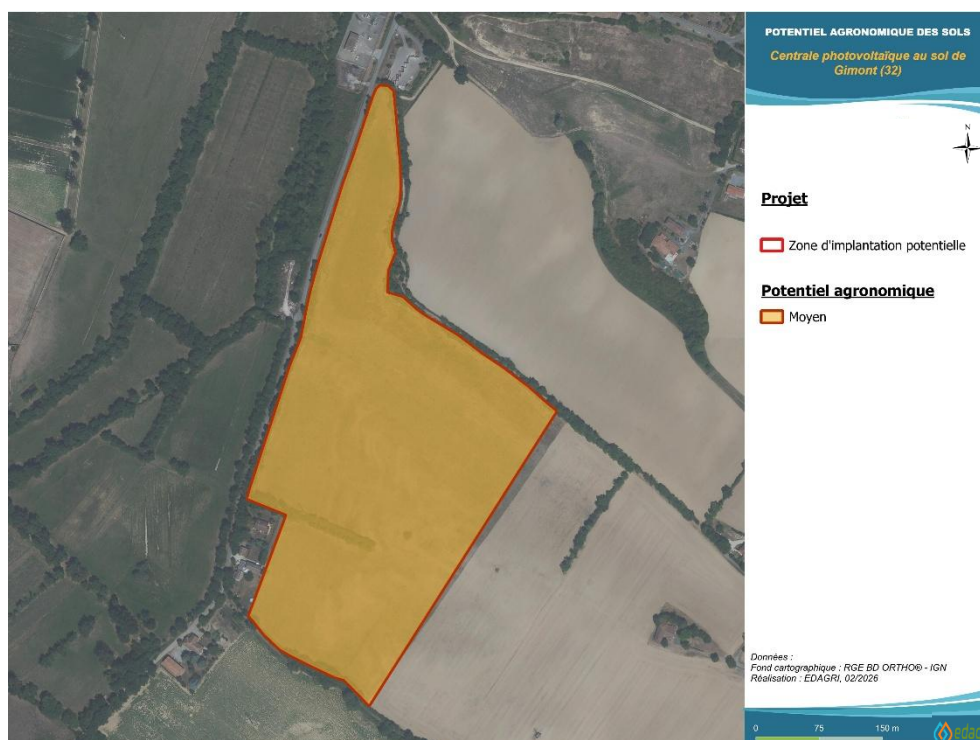
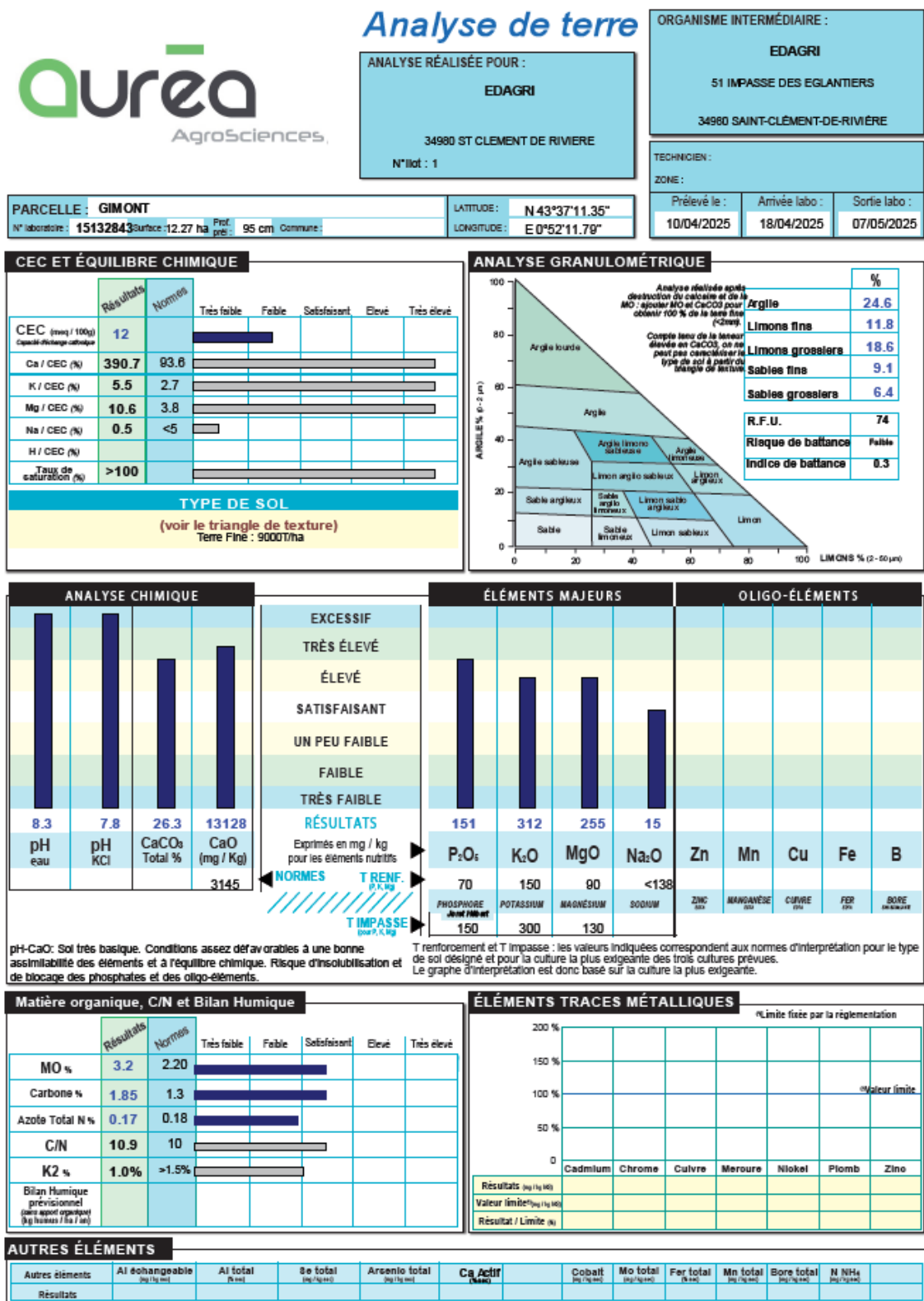


Figure 12 : Carte du potentiel agronomique des sols dans le cas d'une valorisation en grandes cultures

VI. Annexe

VI.1. Annexe 1 : Résultats des analyses en laboratoire



VI.2. Annexe 2 : 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 a 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.



Florence Vigneron pour le projet MUSE



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.

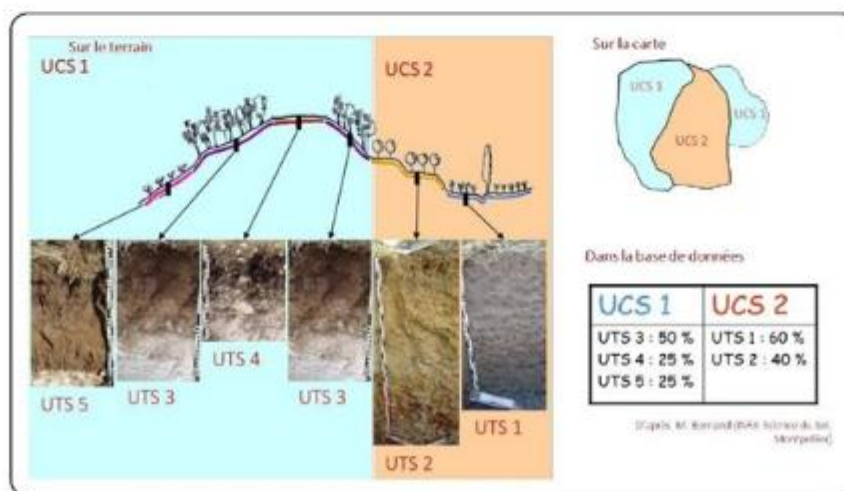


Figure 1 : Schéma d'organisation des UTS au sein d'une UCS

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



Flora Vigouroux pour le projet MUSE



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'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	



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 O).

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



Flora Vigneron pour le projet MUSE.



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.

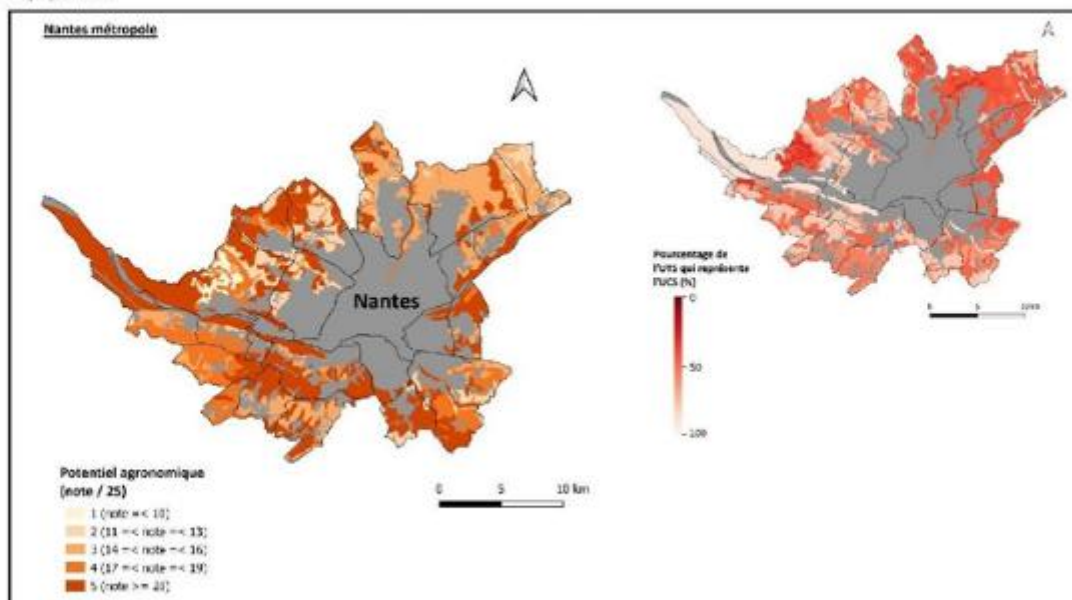


Figure 2 : Représentation de la carte du potentiel agronomique de Nantes Métropole

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 (- Vid))
- hydromorphie dès la surface avec un horizon réduit avant 50 cm (classe Vid)

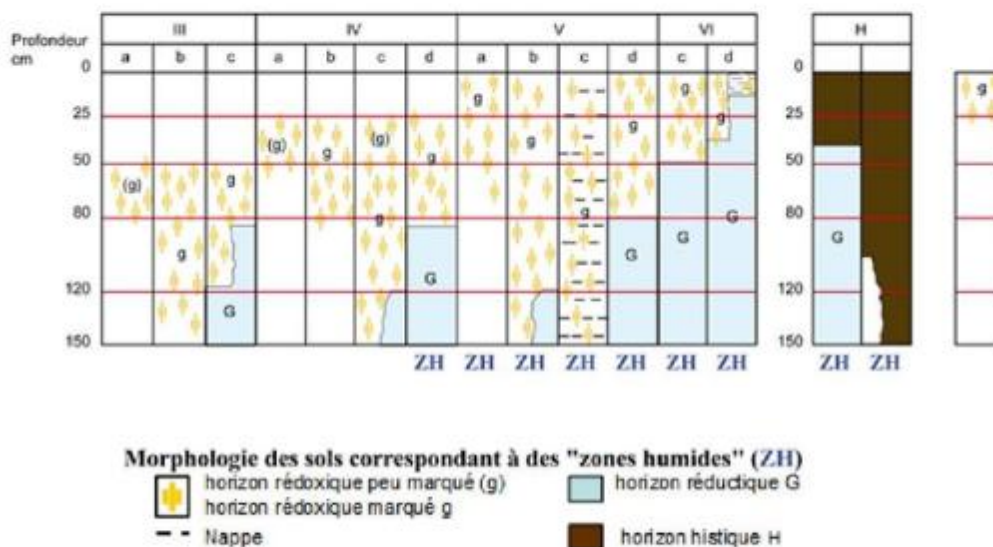
Les sols présentant les caractères suivants sont considérés avec une contrainte majeure :

HYDROMORPHIE	Drainage_naturel	NOTE	
hydromorphie entre 0 et 25 cm (classe V et VI (- Vid) 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



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 rédhibitoire, 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 pédo-géochimique 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 pédo-géochimique 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 pédo-géochimique 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 pédo-géochimique 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.



Flora Vigueron pour le projet MUSE



Exemple de représentation cartographique sur Nantes Métropole :

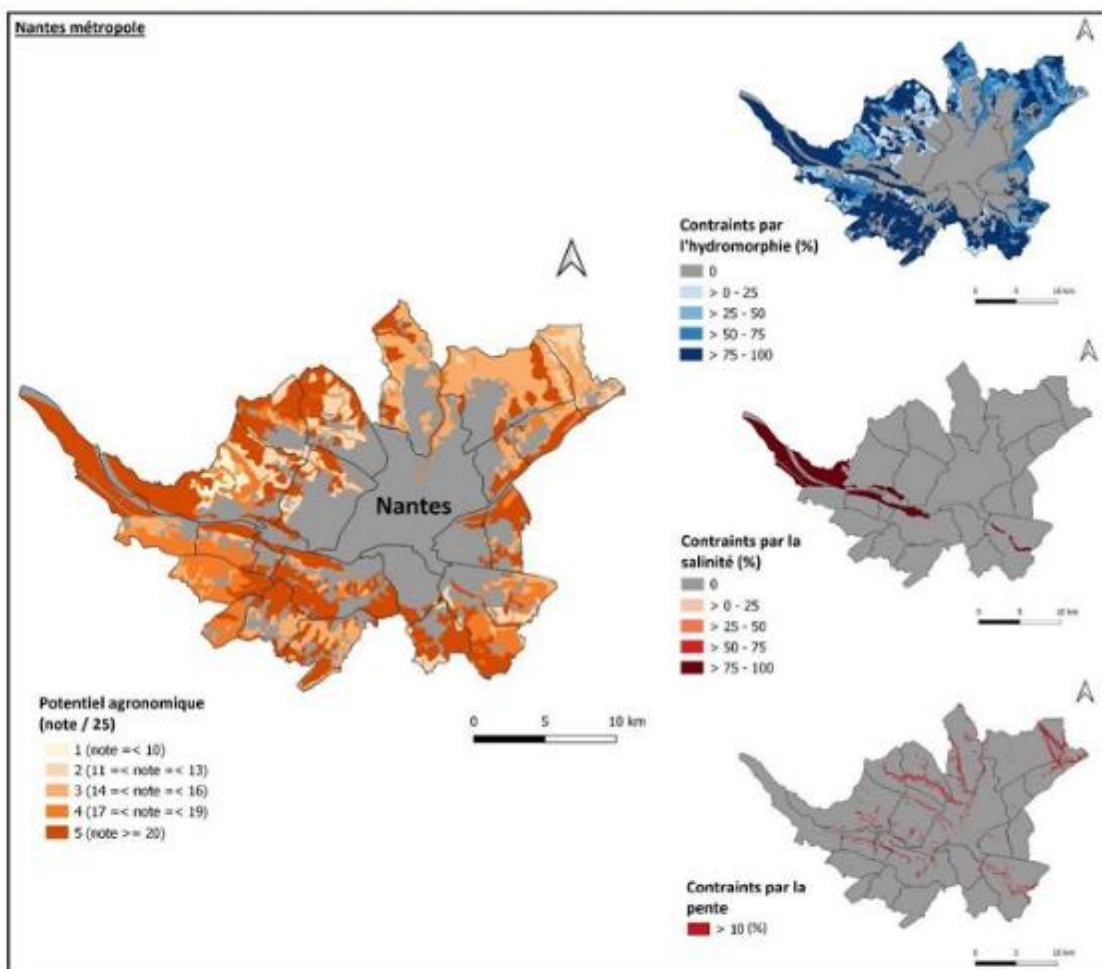


Figure 4 : Représentation du potentiel agronomique et des contraintes supplémentaires (hors contamination) de Nantes Métropole

Incertitudes de l'indicateur Potentiel agronomique

L'échelle de validité des cartes de potentiel agronomique 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 agronomique).

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 agronomique 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.



Flora Tiguert 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	



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 :

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

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.
 $(25 * 1.28) * 0.9 = 28.8 \rightarrow$ 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 A/SNE)	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.

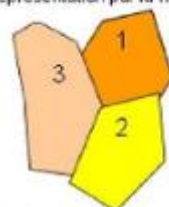
UCS	UTS	%	RU (mm)	Classe de RU
1	11	35	90	2
1	12	40	170	5
1	13	25	60	2
2	35	10	150	4
2	37	90	25	1
3	2	100	85	2

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



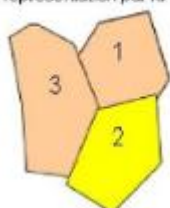
Pour l'UCS 1 : $50 \times 0,35 + 170 \times 0,4 + 60 \times 0,25 = 100,5$

UCS	VALEUR	classe	Ecart type
1	100,5	3	66
2	37,5	1	66
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



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.

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

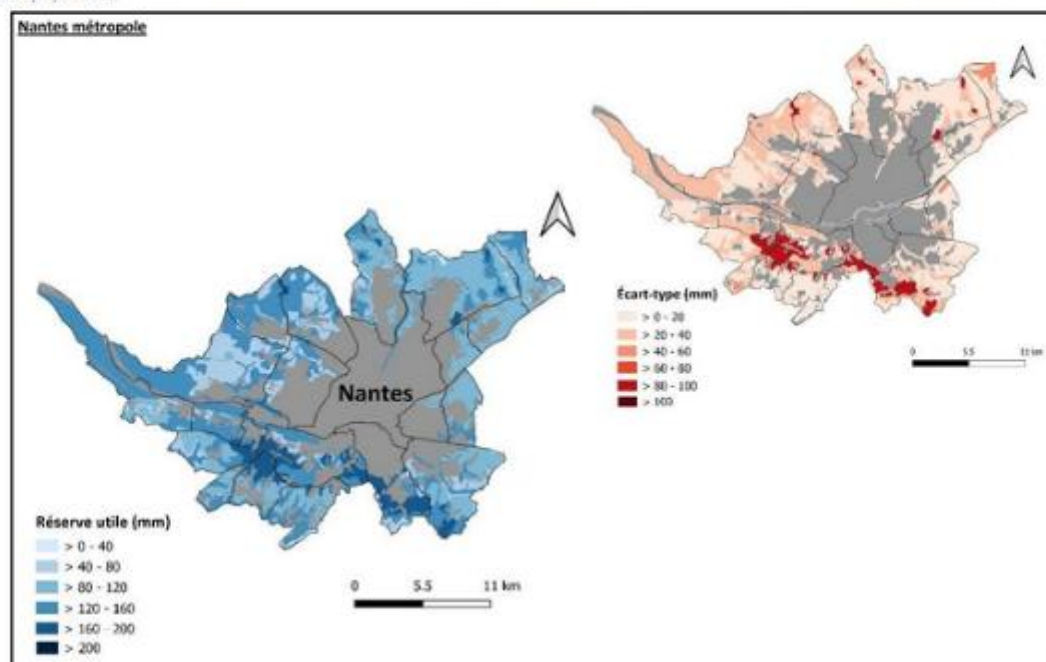


Figure 6 : Représentation du Réservoir Utile de Nantes Métropole

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).



Flore Vigneron pour le projet MUSE



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 :

