

# Qualité des sols et urbanisme

---

Construire une méthodologie adaptée  
aux besoins des territoires et favoriser  
son appropriation

---

## COMITE DE PILOTAGE

Isabelle Feix (ADEME)  
Sophie Debergue (ADEME)  
Anne Lefranc (ADEME)  
Thomas Eglin (ADEME)  
Hélène Faucher (Ministère de la Transition Ecologique)  
Catherine Julliot (Ministère de la Transition Ecologique)  
Marina Le Loarer (Ministère de la Transition Ecologique)  
Patrick Le Gouée (Université de Caen)

## CONSORTIUM DE RECHERCHE

Laëtitia Boithias (Cerema)  
Philippe Branchu (Cerema)  
Fabienne Marseille (Cerema)  
Catherine Néel (Cerema)  
Antoine Lemot (Cerema)  
Béatrice Béchet (IRSTV-Univ Eiffel)  
Clémentine Duvigneau (IRSTV puis Cerema)  
Bertrand Laroche (Inrae)  
Cécile Le Guern (BRGM)  
Romain Métois (Chambre d'Agriculture 36)  
Joël Moulin (Chambre d'Agriculture 36)  
Rehana Sheriff (Chambre d'Agriculture 36)  
Jesús Díaz-Sanz (doctorant Univ. Aix-Marseille)<sup>1</sup>.  
Catherine Keller (Univ. Aix-Marseille)

### *Et les stagiaires :*

Clémence Gazonneau (Chambre d'Agriculture 36)  
Tom Leroi (BRGM)  
Sofyane Lamari (Cerema)  
Olivier Trigo (Cerema)  
Emma Duplanil (Cerema)

## CITATION DE CE RAPPORT

Néel C., Boithias L., Duplanil E., Duvigneau C., Le Guern C., Métois R., Béchet B., Marseille, F. Branchu P. (2022). Qualité des sols et urbanisme. Construire une méthodologie adaptée aux besoins des territoires et favoriser son appropriation, 103 pages.

---

<sup>1</sup> Thèse financée par l'« European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the "Marie Skłodowska-Curie" grant agreement n° 713750 », le Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, A\*MIDEX (n° ANR-11-IDEX-0001-02)/ Investissements d'avenir du gouvernement français, le Labex DRIIHM ("OHM Bassin minier de Provence and OHM Littoral méditerranéen"), du programme "Investissements d'Avenir" géré par l'ANR (ANR-11-LABX-0010)

## SOMMAIRE

RÉSUMÉ .....	6
ABSTRACT .....	7
1. INTRODUCTION .....	8
<b>2. SOL ET DOCUMENTS D'URBANISME : LES BASES DE L'APPROCHE MUSE .....</b>	<b>10</b>
2.1. Le constat initial : une nécessaire prise en compte de la qualité des sols.....	10
2.1.1. Un besoin de passer d'une vision 2D à une vue 3D de la qualité des sols .....	10
2.2. MUSE : une 1ère voie d'intégration de la multifonctionnalité des sols dans les PLUI ..	11
2.2.1. Une vision fonctionnelle de la qualité des sols.....	11
2.2.2. Une approche cartographique fondée sur 4 fonctions des sols.....	12
2.2.3. Un mode de calcul permettant d'indiquer la multifonctionnalité des sols.....	12
2.2.4. Milieux urbains et ruraux : une approche différenciée .....	13
<b>3. METHODOLOGIE : VERS UNE GENERALISATION OPERATIONNELLE DE MUSE .....</b>	<b>15</b>
3.1. La synthèse comme fondement méthodologique .....	15
3.1.1. Analyse des pratiques des collectivités et de leur traduction dans les documents d'urbanisme .....	15
3.1.2. Perception des acteurs sur les fonctions des sols pour les PLUI.....	16
3.1.3. Intérêt de l'approche MUSE pour l'objectif ZAN.....	17
3.2. La représentation graphique comme support de communication .....	17
3.2.1. Schéma d'intégration de l'approche MUSE dans l'élaboration d'un PLUI .....	17
3.2.2. Schéma de cartographie des acteurs à mobiliser pour appliquer la méthode .....	17
3.3. L'organisation d'ateliers comme mode d'échange avec les collectivités .....	19

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME  
20, avenue du Grésillé  
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 18-03-C0045

Étude réalisée par Néel C., Boithias L., Duplanil E., Duvigneau C. Le Guern C., Métols R., Béchet B., Marseille, F. Branchu P.  
pour ce projet financé par l'ADEME

Coordination technique - ADEME : EGLIN Thomas et LEFRANC Anne, coordinateurs scientifiques et techniques, à l'ADEME  
Direction/Service : Bioéconomie et Energies Renouvelables /Adaptation, Aménagement et Trajectoires bas carbone

3.3.1.	Ateliers et questionnaires destinés aux trois villes partenaires du projet .....	19
3.3.2.	Ateliers organisés en webinaire avec un panel élargi de collectivités .....	19
3.3.3.	Questionnaire destiné aux participants du webinaire de restitution .....	20
<b>3.4.</b>	<b>Vers une diffusion et une généralisation de la méthode MUSE .....</b>	<b>20</b>
3.4.1.	Evaluation de la représentativité des collectivités consultées .....	20
3.4.2.	Des fiches pédagogiques pour chaque indicateur de fonctions des sols .....	21
<b>4.</b>	<b>RESULTATS .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.</b>	<b>Sols &amp; documents d'urbanisme : synthèse des pratiques des collectivités.....</b>	<b>22</b>
4.1.1.	La place actuelle des sols dans les documents d'urbanisme.....	22
4.1.1.1.	Une vision foncière et monofonctionnelle des sols restant à dépasser .....	22
4.1.1.2.	Diverses étapes d'élaboration du PLU(i) intégrant une notion des sols.....	22
4.1.2.	Les perceptions du rôle des sols et de leur importance pour les PLUi .....	24
4.1.2.1.	Des degrés de considération variables des sols selon les acteurs impliqués.....	24
4.1.2.2.	Des perceptions des fonctions des sols orientées selon les acteurs.....	25
4.1.3.	Un ressenti des freins à l'intégration des sols dans les PLUi .....	26
4.1.3.1.	Une ignorance de la question des sols dans les cahiers des charges .....	26
4.1.3.2.	Un défaut de données sur les sols et d'interactions entre services.....	27
<b>4.2.</b>	<b>Implications pour MUSE : acteurs &amp; potentiel d'utilisation.....</b>	<b>27</b>
4.2.1.	Acteurs à mobiliser pour mettre en œuvre la méthodologie MUSE .....	27
4.2.2.	Apports directs et indirects de MUSE dans l'élaboration d'un PLU(i) .....	30
<b>4.3.</b>	<b>Analyse critique de la méthode MUSE : les retours des collectivités .....</b>	<b>31</b>
4.3.1.	Intérêts et limites de l'approche MUSE selon les 3 métropoles partenaires.....	31
4.3.1.1.	Nantes Métropole : MUSE, une vision intégrée des sols utiles à l'objectif ZAN....	31
4.3.1.2.	Châteauroux Métropole : MUSE, outil pédagogique pour préserver les sols et balayer des idées reçues .....	32
4.3.1.3.	Métropole Aix-Marseille-Provence : conscientisation de l'importance des sols, un préalable à la mise en œuvre d'approche MUSE.....	33
4.3.2.	Retour sur l'approche MUSE par le panel élargi de collectivités.....	33
4.3.2.1.	Résultats du questionnaire de préparation du webinaire final .....	33
4.3.2.2.	Retour des participants sur les apports directs et indirects de la méthodologie MUSE	34
	La méthodologie MUSE paraît pouvoir être utilisée de manière concrète pour quantifier les fonctions des sols sur tout le territoire, ceci même dans le milieu urbain.....	34
	La cartographie des indicateurs facilite leur interprétation et leur utilisation dans le cadre d'une démarche d'urbanisme. Cette représentation spatialisée permet de croiser et de superposer les enjeux pour les prioriser. Elle permet également d'évaluer l'impact du projet d'aménagement sur le territoire. ....	35
<b>5.</b>	<b>DISCUSSION : REPRESENTATIVITE DE L'ANALYSE, INTERETS &amp; LIMITES DE L'APPROCHE MUSE ET UTILITE POUR LE ZAN .....</b>	<b>36</b>
<b>5.1.</b>	<b>Représentativité des collectivités consultées .....</b>	<b>36</b>
5.1.1.	Une majorité d'enjeux représentés par les trois métropoles partenaires.....	36
5.1.2.	Une répartition inégale des types d'enjeux des collectivités consultées.....	36
<b>5.2.</b>	<b>Intérêts et limites identifiés de l'approche MUSE.....</b>	<b>37</b>
5.2.1.	Utilité des cartes mais besoin de connaître dès l'étape du SCoT .....	37
5.2.2.	Intérêts et conséquences de la recherche d'une approche générique .....	38

5.2.3. Limite liée à l'absence d'une indication de la pollution des sols .....	38
5.2.4. Limites de déploiement de la méthode pour les territoires ruraux .....	39
5.2.5. Bilan des intérêts et limites de l'approche MUSE et voies d'amélioration.....	39
<b>5.3. Intégrer la qualité des sols dans les PLUi : perspective pour le ZAN ? .....</b>	<b>40</b>
5.3.1. Le besoin d'accompagnement des collectivités.....	40
5.3.2. La question de la territorialisation : quelle échelle adopter ? .....	41
5.3.3. Objectif ZAN et MUSE : une traduction réglementaire et juridique à construire .....	42
<b>6. CONCLUSION .....</b>	<b>43</b>
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	44
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	45
ANNEXE 1 : PRESENTATION SYNTHETIQUE DES METROPOLES PARTENAIRES DU PROJET .....	46
<b>ANNEXE 2 : TYPES DE DOCUMENTS D'URBANISME ANALYSES ET METHODE D'ANALYSE UTILISEE .....</b>	<b>48</b>
ANNEXE 3 : ACTEURS CONSULTES, NOMBRE ET MODE DE CONSULTATION UTILISE .....	49
ANNEXE 4 : DETAILS SUR LES METHODES DE CONSULTATION DES DIVERS ACTEURS .....	50
ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE DE PREPARATION DES ATELIERS AUPRES DES 3 METROPOLES PARTENAIRES.....	51
ANNEXE 6 : QUESTIONNAIRE DESTINE AUX PARTICIPANTS DU WEBINAIRE FINAL (02/07/21).....	53
ANNEXE 7 : RESULTATS DU QUESTIONNAIRE DE PREPARATION DU WEBINAIRE FINAL .....	56
ANNEXE 8 : TABLEAU DE SYNTHESE DES ATELIERS REALISES AVEC LES 3 METROPOLES PARTENAIRES.....	59
ANNEXE 9 : REPRESENTATIVITE DES 3 COLLECTIVITES PARTENAIRES DU PROJET MUSE .....	63
ANNEXE 10 : REPRESENTATIVITE DES COLLECTIVITES CONSULTEES POUR <b>EVALUER L'APPROCHE MUSE (QUESTIONNAIRES, ENQUETES ET WEBINAIRES).....</b>	<b>65</b>
ANNEXE 11 : FICHES PEDAGOGIQUES REDIGEES POUR FAVORISER LA DIFFUSION DE LA METHODOLOGIE MUSE .....	67
ANNEXE 12 : ARTICLES INTERNET VALORISANT LES SEMINAIRES ET WEBINAIRES ORGANISES DANS LE CADRE DU PROJET .....	76

## RÉSUMÉ

Afin de limiter la consommation des sols dans l'aménagement des territoires et dans la perspective de la mise en œuvre de l'objectif national de Zéro Artificialisation Nette (ZAN), le projet de recherche MUSE (2018-2021), financé par l'ADEME, a développé, en lien avec trois métropoles partenaires (Nantes, Châteauroux et Aix-Marseille-Provence), une méthode permettant de cartographier la multifonctionnalité de leurs sols. Cette méthode permet d'intégrer la qualité des sols par la prise en compte de quatre fonctions du sol dans leur démarche de PLUi. Au-delà de ces trois collectivités partenaires, il s'agit d'évaluer si cette approche peut être généralisée à l'ensemble des collectivités territoriales de la France métropolitaine.

C'est dans cette optique qu'a été menée la présente étude, dans le cadre d'un projet complémentaire appelé SolU3cion (2020-2021) également financé par l'ADEME. Les objectifs sont d'évaluer et d'améliorer la portée opérationnelle de l'approche méthodologique proposée dans le projet de recherche MUSE. Ce rapport rend compte de la méthode adoptée pour répondre à ces objectifs et des résultats recueillis auprès d'un panel varié de collectivités. Il s'appuie sur des visuels communicants produits spécifiquement pour faciliter les échanges et la diffusion des résultats. Il présente une analyse de l'appropriation de l'approche MUSE par les trois collectivités partenaires, évalue la généralité de cette approche, discute ses perspectives d'application et d'amélioration ainsi que son intérêt vis à vis de l'objectif national ZAN.

Il ressort que l'approche MUSE permet de constituer un véritable porter à connaissance sur les sols et leur multifonctionnalité qu'il serait utile de généraliser à l'ensemble du territoire français et d'intégrer dans les différents documents de planification (SRADDET, SCoT, PLUi) L'approche fondée sur des données pédologiques reste très technique et sa mise en œuvre nécessitera un accompagnement. Les acteurs à mobiliser pour faciliter la mise en œuvre de la méthode sont identifiés, ainsi que ses apports directs et son potentiel d'application à chaque étape de l'élaboration d'un PLUi. Si l'approche MUSE n'a pu être testée qu'auprès de 3 collectivités, celles-ci présentent l'essentiel des types d'enjeux de territoires identifiés pour la France métropolitaine, hormis les enjeux spécifiques des territoires de montagne ou ceux dominés par des espaces forestiers et naturels.

Dans cette limite, l'approche MUSE permet d'aborder l'objectif ZAN dans les plans d'urbanisme avec une vision qualitative des sols qui permet non seulement d'identifier les sols remplissant le plus grand nombre de fonctions pour favoriser leur préservation mais également de préserver les sols remplissant des fonctions indispensables pour répondre aux enjeux du territoire.

## ABSTRACT

In order to limit soil consumption in territorial planning and in view of the implementation of the national objective of Zero Net Artificialization (ZAN), the MUSE research project (2018-2021), financed by ADEME, has developed, in conjunction with the cities of Nantes, Châteauroux and Aix-Marseille-Provence, a method for mapping the multifunctionality of their soils. This method makes it possible to integrate soil quality by taking into account four soil functions in their PLUi approach. Beyond these cities, the aim is to assess whether this approach can be generalized to all local authorities in metropolitan France.

The present study has been carried out, as part of a complementary project called SolU3cion (2020-2021) also financed by ADEME. The objectives are to evaluate and improve the operational scope of the methodological approach proposed in the MUSE research project. This report describes the method adopted to meet these objectives and the results collected from a varied panel of communities. It is based on communicative visuals produced specifically to facilitate exchanges and the dissemination of results. It presents an analysis of the appropriation of the MUSE approach by the three partner communities, assesses the generality of this approach, discusses its application and improvement prospects, and its relevance to the national ZAN objective.

It emerged that the MUSE approach makes it possible to build up a real knowledge base on soils and their multifunctionality, which it would be useful to generalize to the whole of France and to integrate into the various planning documents (SRADDET, SCoT, PLUi). The approach based on pedological data remains very technical and its implementation will require support. The actors to be mobilized to facilitate the implementation of the method are identified, as well as its direct contributions and its potential for application at each stage of the preparation of a PLUi. Although the MUSE approach has only been tested with three local authorities, they present most of the types of territorial issues identified for metropolitan France, with the exception of the specific issues of mountain areas or those dominated by forest and natural areas.

Within this limit, the MUSE approach makes it possible to approach the ZAN objective in urban plans with a qualitative vision of soils that makes it possible not only to identify the soils that fulfill the greatest number of functions in order to encourage their preservation, but also to preserve the soils that fulfill functions that are essential to meet territorial issues.

# 1. Introduction

---

Les projets MUSE (2018-2021) et SolU3cion (2020-2021) financés par l'ADEME, ont été conduits en complémentarité afin de proposer, puis d'évaluer une nouvelle approche de prise en compte de la qualité des sols qui s'insère dans la démarche d'élaboration d'un plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi).

L'enjeu est de permettre aux collectivités territoriales de mieux prendre en compte la qualité des sols de leur territoire dans leur document d'urbanisme, en particulier lors de l'élaboration de leur PLUi. En effet, malgré une prise de conscience collective, la consommation des surfaces de sols<sup>2</sup> liée au développement urbain reste encore aujourd'hui excessive en France. Environ 9,5% des espaces du territoire français sont artificialisés. Cette artificialisation des sols augmente presque 4 fois plus vite que la population, majoritairement à cause de l'habitat. Entre 20 000 ha et 30 000 ha sont consommés chaque année au détriment de sols naturels et surtout agricoles<sup>3</sup>. Face à l'urbanisation croissante, le maintien des fonctions remplies par les sols devient un défi. C'est l'un des facteurs déterminant de l'adaptation au changement climatique et de lutte contre le déclin de la biodiversité. La perte des fonctionnalités des sols induit en effet des impacts socio-économiques et environnementaux qu'il devient crucial de prévenir, tels les coûts de redimensionnement des réseaux d'eau pluviale là où le sol n'infiltré plus la pluie, la baisse de la qualité de vie, la dévitalisation et perte d'attractivité des zones urbaines où le sol ne remplit plus ses fonctions de support de biomasse et de biodiversité, la baisse du potentiel de production agricole là où le sol a perdu son potentiel agronomique et l'augmentation de la vulnérabilité face au changement climatique là où le sol ne remplit plus ses fonctions de régulation...

C'est pourquoi le projet de recherche MUSE aborde la question de la qualité des sols afin de permettre une vision 3D, (au-delà des questions foncières) au travers des multiples fonctions qu'ils remplissent. Il résulte en une proposition d'approche d'indication de la multifonctionnalité des sols dans les PLUi, co-construite avec trois collectivités partenaires (Aix-Marseille-Provence, Châteauroux et Nantes). La présente étude, menée dans le cadre du projet complémentaire SolU3cion, a pour objectifs :

- de mieux connaître, en amont de l'élaboration de la méthodologie proposée dans le projet MUSE, les pratiques des collectivités et organismes intervenant dans le domaine des sols et de l'aménagement, leurs besoins, les freins à la prise en compte des sols afin de proposer une méthodologie adaptée ;
- lors de la construction de la méthode, d'évaluer l'appropriation et la genericité de l'approche méthodologique proposée, au-delà des trois collectivités partenaires. L'approche MUSE n'est rappelée que très brièvement, le lecteur pouvant se référer au livrable du projet MUSE<sup>4</sup>. Elle est questionnée par rapport à l'ensemble de la démarche d'élaboration d'un PLUi et en perspective de la mise en œuvre de l'objectif national de « Zéro Artificialisation nette » (ZAN), afin de répondre aux questions suivantes :

*Comment les collectivités partenaires se sont appropriées l'approche MUSE ? Cette approche est-elle généralisable aux autres collectivités de France métropolitaine ? Quelles sont les perspectives d'amélioration de l'approche ? Au-delà de cette approche, quel accompagnement est nécessaire pour faciliter la prise en compte des fonctions des sols dans les documents d'urbanisme ? Une telle approche peut-elle aider la mise en œuvre de l'objectif ZAN ?*

Le rapport s'articule en quatre parties. Dans une première partie, il s'agit de comprendre les bases de l'approche méthodologique co-construite dans le projet de recherche MUSE. La seconde partie présente la méthodologie employée pour transcrire les apports de ce projet de recherche à l'opérationnel. La troisième partie détaille les résultats de l'étude. La dernière partie discute les résultats avec en premier lieu, l'analyse de la genericité, puis des intérêts et limites de l'approche MUSE avant de discuter de ses perspectives d'utilisation ressenties et de son intérêt par rapport à la mise en œuvre de l'objectif ZAN.

---

<sup>2</sup> Synthèse du Réseau National des aménageurs : « Comment limiter l'artificialisation des sols en soutenant les besoins de développement français sur l'ensemble de son maillage territorial ? » (Novembre 2020), [http://www.reseanationalamenageurs.logement.gouv.fr/IMG/pdf/synthe\\_se\\_zan\\_vf.pdf](http://www.reseanationalamenageurs.logement.gouv.fr/IMG/pdf/synthe_se_zan_vf.pdf)

<sup>3</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/artificialisation-des-sols>

<sup>4</sup> MUSE : intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme, Rapport final de projet ADEME ModEval-Urba, octobre 2021, 140 p.



## 2. Sol et documents d'urbanisme : les bases de l'approche MUSE

### 2.1. Le constat initial : une nécessaire prise en compte de la qualité des sols

Le sol reste aujourd'hui un élément peu présent dans la législation. Il n'y est pas explicitement identifié comme un élément de l'environnement essentiel à protéger, au même titre que l'eau ou l'air. Pourtant, les sols sont des milieux vivants qui se transforment naturellement et qui rendent de nombreuses fonctions, dont les fonctions de support d'activités humaines et de biomasse végétale, souvent bien reconnues dans le domaine de l'aménagement du territoire. A celles-ci s'ajoutent des fonctions essentielles à la résilience des territoires face au changement climatique, tel que le stockage et filtration des polluants, la régulation du cycle de l'eau, le réservoir de biodiversité, le stockage du carbone, la source de matières premières (tourbe, matière minérale). L'appréhension de l'ensemble de ces fonctions reste difficile au-delà d'un cercle restreint de spécialistes, que ce soit des pédologues, géologues, agronomes ou agriculteurs.

#### 2.1.1. Un besoin de passer d'une vision 2D à une vue 3D de la qualité des sols

Dans le domaine de l'urbanisme, le sol est souvent uniquement perçu comme une surface support des activités humaines en deux dimensions. Il est ainsi généralement réduit à sa fonction support dans les outils réglementaires de la planification que sont le Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) ou le Schéma de cohérence territoriale (SCoT). Le sol est considéré au travers de sa dimension foncière avec les aspects juridiques et économiques, sans tenir compte de sa qualité (cf. Figure 1).

Or, de nombreux travaux scientifiques tels que les récentes thèses d'Anne Blanchart (2018), Yannick Poyat (2018), Baptise Sauvaget (2019) ainsi que celle de Jesús Díaz-Sanz (2021) montrent la nécessité de passer d'une vision foncière (2D) du sol à une vision du sol comme une ressource en 3 dimensions, pour tenir compte de leur qualité ou fonctionnalités.

Il s'agit d'adapter les aménagements ou usages des sols aux fonctions qu'ils peuvent potentiellement remplir et de préserver les sols remplissant des fonctions essentielles au territoire.

#### 2.1.2. Un contexte réglementaire propice aux projets MUSE et SolU3cion

La loi Climat et résilience considère comme artificialisé « l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage. ». Cette formulation témoigne du fait que la prise en compte de la qualité des sols, en termes de fonctions, devient une préoccupation majeure dans l'aménagement. La vision des sols évolue ainsi dans la législation, grâce à ces objectifs récents de lutte contre l'artificialisation des sols, de gestion des eaux pluviales urbaines ou par la systématisation du porter à connaissance sur la pollution des sols, qui imposent d'appréhender plusieurs fonctions des sols dans une vision tridimensionnelle.



Figure 1 : Un changement de paradigme nécessaire, dessin de Matthieu Ughetti (2019) Source : [www.cerema.fr/fr/actualites/super-pouvoirs-sols-bd](http://www.cerema.fr/fr/actualites/super-pouvoirs-sols-bd)

C'est dans ce contexte et avec l'intention de concilier les connaissances actuelles sur les sols avec l'action politique concrète sur les territoires, qu'a émergé le **projet de recherche MUSE (2018-2021)**, financé par l'ADEME dans le cadre de l'appel à projets MODEVALURBA. L'objectif opérationnel du projet MUSE est de proposer, au regard des données mobilisables à l'échelle des PLUi, une approche qui puisse être mise en œuvre sur l'ensemble du territoire français. L'approche finalement proposée a été co-construite et testée auprès de trois métropoles partenaires : Nantes, Châteauroux et Aix-Marseille-Provence (cf. Annexe 1). MUSE s'inscrit dans la continuité du projet UQUALISOL (programme GESSOL, 2012), et en complémentarité - en raison de l'échelle de travail et/ou de la considération des fonctions ou des services écosystémiques-, des projets SOILSERV (ANR, 2021) –, DESTISOL (ADEME, 2017), SUPRA (ADEME 2017-2022) et DESSERT (ADEME 2021 – 2024).

Ce travail, piloté par le Cerema et initié dès octobre 2017, a mobilisé un consortium d'acteurs pluridisciplinaire et transversal ayant pour but commun de rendre les fonctions du sol compréhensibles par tous. Il s'agit :

- **d'acteurs issus d'établissement de recherche** : IRSTV, Inrae, Aix-Marseille Université / Cerege.
- **d'acteurs plus opérationnels** : Cerema, BRGM, Chambre d'Agriculture de l'Indre, services d'urbanisme des collectivités partenaires.

Le projet complémentaire sur la qualité des sols et urbanisme, **appelé SolU3cion (2019-2021)**, également financé par l'ADEME, vise quant à lui, à connaître les pratiques des collectivités et acteurs du territoire dans le domaine, leurs besoins et les freins rencontrés pour favoriser l'appropriation et la généricité de l'approche méthodologique proposée dans le projet MUSE, au-delà de ces trois collectivités partenaires (Nantes Métropole, Châteauroux Métropole et Métropole Aix-Marseille-Provence). Il s'agit de mieux définir les perspectives d'intégration de l'approche proposée dans le projet MUSE au sein du processus d'élaboration d'un PLUi.

## **2.2. MUSE : une 1ère voie d'intégration de la multifonctionnalité des sols dans les PLUi**

### **2.2.1. Une vision fonctionnelle de la qualité des sols**

L'approche proposée dans le cadre du projet MUSE est d'aborder la qualité des sols au travers des fonctions exercées par les sols et qui jouent un rôle pour répondre aux enjeux des territoires : prévention des inondations, préservation de la biodiversité, réduction de la vulnérabilité au changement climatique, production agricole ...

Par cette vision tridimensionnelle, il est recherché de dépasser une planification qui s'appuierait uniquement sur la limitation de la consommation d'espaces de sols non couverts.

Le but est alors d'adapter les usages des sols aux fonctionnalités qu'ils peuvent potentiellement rendre. L'enjeu devient donc de proposer une approche intégrée des sols dans le projet de territoire qui permette d'optimiser l'usage qui en est fait en assurant la préservation de leurs fonctions écologiques (Figure 2).



Figure 2 : Les fonctions des sols, dessin de Flore Vigneron (2021) issu du webinaire du 29 janvier 2021 « L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme. »

### 2.2.2. Une approche cartographique fondée sur 4 fonctions des sols

L'approche choisie dans le projet MUSE a retenu quatre fonctions écologiques pérennes des sols et essentielles au fonctionnement des écosystèmes, à savoir : la source de biomasse, la régulation du cycle de l'eau, le réservoir de carbone, le réservoir de biodiversité. Ces fonctions sont associées à des services écosystémiques, eux-mêmes plus ou moins directement reliés à des enjeux de territoire et des politiques publiques (cf. livrable du projet MUSE, Branchu et al., 2022<sup>5</sup>).

Les fonctions plus anthropocentrées correspondant à des services rendus à l'Homme par les sols, tel le support de constructions ou le stockage, l'épuration et la filtration de polluants (cf. Figure 2), ont été écartées de l'analyse car jugées trop difficiles à renseigner et surtout trop évolutives dans le temps. Elles dépendent de l'évolution des activités humaines sur le territoire et ne traduisent pas assez le potentiel pérenne de fonctionnalité du sol.

A noter : Même si l'analyse se limite à 4 fonctions écologiques, elle traduit des services rendus par les sols

La distinction entre les 2 notions de services écosystémiques et de services rendus par les sols reste complexe. Certaines fonctions écologiques essentielles au fonctionnement naturel des écosystèmes rendent aussi des services à l'Homme. Par exemple, la fonction de régulation de l'eau contribue à prévenir le risque d'inondation et à recharger les nappes.

### 2.2.3. Un mode de calcul permettant d'indiquer la multifonctionnalité des sols

Dans le cadre du projet MUSE, pour qualifier les fonctions écologiques des sols, 4 indicateurs ont été choisis, de sorte à rester précis, simples à construire avec un coût maîtrisé, exploitables sous forme cartographique dans toute la France métropolitaine. La méthode se fonde ainsi sur des données sur les

<sup>5</sup> 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.

sols accessibles et disponibles sur l'ensemble du territoire métropolitain : les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) à 1/250 000ème au format Donesol.

La somme des notes obtenues sur chaque indicateur a permis de calculer un indicateur de multifonctionnalité des sols. Ces résultats sont interprétés par des cartographies des différentes fonctions et synthétisés en une carte de multifonctionnalité des sols (cf .Figure 3). Ces quatre fonctions pèsent chacune le même poids. Néanmoins, suivant les enjeux présents sur chaque territoire et les besoins des collectivités, cette somme pourrait faire l'objet de pondérations. Les notes obtenues à la suite de ce calcul sont classées d'une multifonctionnalité très faible (pour les valeurs les moins importantes) à très forte (pour les valeurs les plus importantes).

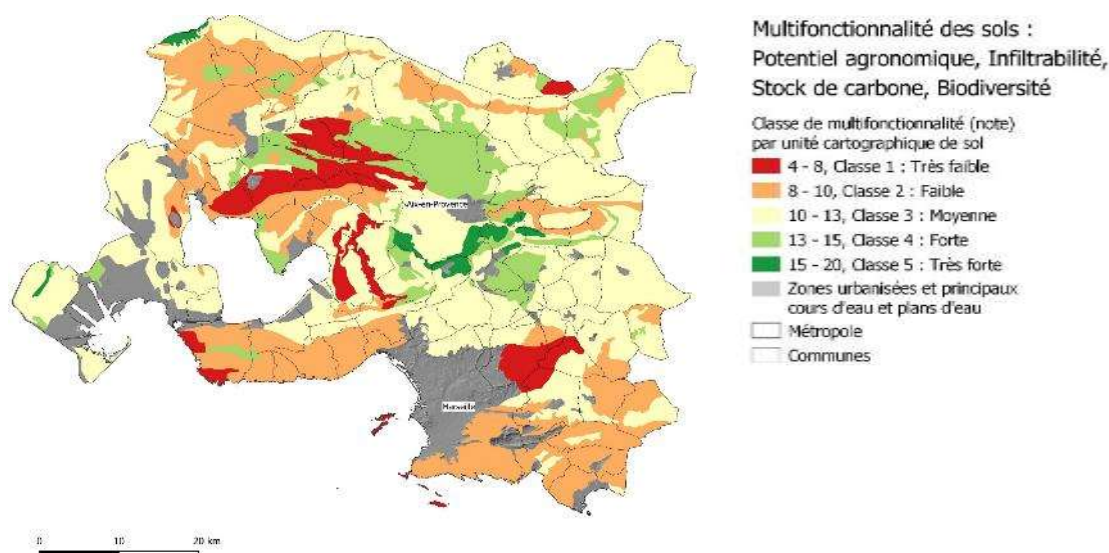


Figure 3 : Carte de multifonctionnalité des sols de la Métropole Aix-Marseille-Provence Source : projet MUSE

Les notes obtenues à la suite de ce calcul sont ordonnées en classes homogènes faisant ressortir les zones de sols de multifonctionnalité très faible (pour les valeurs les moins importantes) à très forte (pour les valeurs les plus importantes).

**Mise en garde :** La carte de multifonctionnalité des sols permet d'afficher une synthèse du potentiel de fonctions des sols. Il est toutefois indispensable de retourner vers les cartes d'indicateurs des 4 fonctions écologiques prises individuellement pour interpréter la carte de multifonctionnalité des sols et relier ces fonctions aux enjeux du territoire.

#### 2.2.4. Milieux urbains et ruraux : une approche différenciée

La méthode de cartographie de la multifonctionnalité des sols proposée dans le projet MUSE se fonde sur des données disponibles à l'échelle nationale pour le milieu rural et périurbain : les Référentiels Régionaux Pédologiques. Ces données au 1/250 000ème sont grossières par rapport à l'échelle du PLUi (1/10 000ème). C'est pourquoi il est préconisé de réutiliser la méthode avec des données plus fines correspondant à l'échelle de l'aménagement, si elles sont disponibles localement.

En raison de l'absence de données systématiques sur les sols en milieu urbain, une approche alternative est proposée pour les zones urbaines, en partant de l'hypothèse que la capacité d'un sol urbain à fonctionner est d'autant plus grande qu'il s'agit d'un sol profond, avec une capacité maximale associée à un sol de « Pleine Terre ». Cette approche nécessite donc de définir précisément cette notion de « Pleine Terre » déjà utilisée sous diverses formes dans les documents d'urbanisme. Selon la définition apportée

par le projet MUSE, la « Pleine Terre » est un sol urbain en capacité d'exercer le maximum des fonctions associées à un sol naturel. L'hypothèse est faite que la profondeur du sol est généralement liée à sa couverture (degré d'imperméabilisation et pourcentage de couvert arboré). Ces 2 paramètres correspondent à des données satellitaires accessibles dans toute l'Europe (programme Copernicus) à une résolution de 10 x 10 m, et permettent d'évaluer la capacité d'un sol urbain à fonctionner (Figure 4).



Figure 4 : Principe de la « Pleine-Terre », dessin de Flore Vigneron (2021).

## 3. Méthodologie : vers une généralisation opérationnelle de MUSE

### 3.1. La synthèse comme fondement méthodologique

La vision des sols et les perspectives d'intégration de leur multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme ont été étudiés au moyen de trois approches complémentaires :

- i) Des analyses de documents d'urbanisme : PLU(i) ou SCoT,
- ii) Des enquêtes / entretiens auprès de divers acteurs de l'urbanisme
- iii) Des échanges avec divers acteurs lors de travaux en ateliers.

Il est ainsi obtenu un état des lieux de ce qui est pratiqué dans les démarches d'élaboration des documents d'urbanisme avec un zoom sur les PLU(i), de la manière dont cela se traduit dans les documents ainsi que du ressenti des acteurs de l'aménagement concernant la préservation des sols.

Certaines collectivités, ont été concernées par plusieurs de ces approches, analyses documentaires, enquêtes et entretiens, ce qui a permis d'obtenir une vision plus précise de leurs pratiques en matière de planification urbaine, du document qui en a résulté et de leur vision des sols (Figure 5).

#### 3.1.1. Analyse des pratiques des collectivités et de leur traduction dans les documents d'urbanisme

Dans le cadre du projet MUSE, ce sont au total 20 PLU, 13 PLUi et 7 SCoT qui ont été étudiés, sans compter d'autres types de documents d'urbanisme analysés dans le cadre des thèses de Yannick Poyat (2018) et d'Anne Blanchart (2018). L'ensemble est détaillé dans le tableau de l'Annexe 2. Le mode d'analyse des documents est détaillé dans le livrable du projet MUSE. Le Tableau 1 suivant énumère les travaux utilisés et ceux produits dans le cadre du projet MUSE qui fournissent une analyse de documents d'urbanisme. Cette synthèse a intégré outre l'analyse de ces travaux, des enquêtes, des entretiens et les retours de deux ateliers de travail organisés dans le cadre du projet SOLUC3ion (*Tableau 2*) afin d'échanger autour des pratiques des chambres d'agriculture et des collectivités sur la prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme ainsi que sur leur utilisation des données sols (retour sur les deux ateliers - Annexe 12).

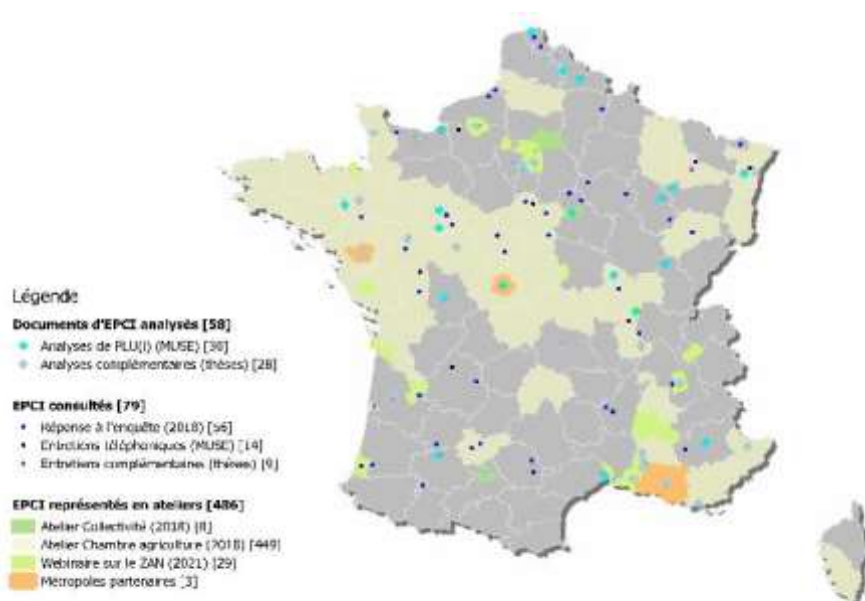


Figure 5 : Cartographie des EPCI consultés au cours des projets MUSE et SolUC3ion et des travaux de thèses utilisés dans la synthèse du projet SolUC3ion.

Travaux réalisés par	Titre du document	Type de document
Sofyane Lamari (2018)	<i>Quelle prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme ?</i>	Rapport de stage d'ingénieur ENTPE
Anne Blanchart (2018)*	<i>Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel</i>	Thèse de doctorat de l'université de Nancy
Yannick Poyat (2018)*	<i>La cartographie des services écosystémiques rendus par les sols : Un nouvel outil pour des projets d'urbanisme durable</i>	Thèse de doctorat de l'université de Tours
Clémence Gazonneau (2019)	<i>Les représentations sociales du sol</i>	Rapport de stage de Master SADL – Sociologie de l'université Lyon 2
Olivier Trigo (2019)	<i>Prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme, une vision partagée ?</i>	Rapport de stage d'ingénieur ENTPE
Yohan BALOUZAT, Emilie GARCIA, Amélie GRELAUD, Cyprien LEVALLOIS (2020)	<i>Sol qualitatif</i>	Rapport de projet collectif tutoré de Master STRATAM - Géographie de Clermont-Auvergne université
Jesús Díaz-Sanz (2021)	<i>Soil quality assessment and urban changes in a Mediterranean city (Marseilles, France)</i>	Thèse de doctorat de Aix-Marseille-Université

Tableau 1 : Tableau synthétique des travaux utilisés (\*) et produits dans le cadre des projets MUSE et SolUC3ion.

Ateliers	Nom de l'atelier	Date
Atelier « chambres d'agriculture » <sup>6</sup>	<i>Atelier sur la qualité des sols dans les documents d'urbanisme pour les chambres d'agriculture</i>	Le 21 septembre 2018
Atelier « collectivités » <sup>7</sup>	<i>Première journée d'échange avec les collectivités dans le cadre du projet Muse : qualité des sols et documents d'urbanisme</i>	Le 28 novembre 2018

Tableau 2 : Ateliers organisés au démarrage du projet SOLUC3ion afin de discuter des pratiques d'intégration des sols et d'utilisation des données sur les sols dans les démarches d'urbanisme.

### 3.1.2. Perception des acteurs sur les fonctions des sols pour les PLUi

Au total, 31 entretiens ont été réalisés avec des collectivités motrices dans le domaine des sols ou de l'aménagement de leur territoire, 3 bureaux d'études, une Chambre d'agriculture, 4 personnes publiques

<sup>6</sup> « Le Cerema co-anime avec la chambre d'agriculture de l'Indre un atelier sur la qualité des sols dans les documents d'urbanisme pour les chambres d'agriculture » - <https://www.cerema.fr/fr/actualites/cerema-co-anime-chambre-agriculture-indre-atelier-qualite?folder=4232>

<sup>7</sup> « Première journée d'échange avec les collectivités dans le cadre du projet Muse : qualité des sols et documents d'urbanisme » - <https://www.cerema.fr/fr/actualites/premiere-journee-echange-collectivites-cadre-du-projet-muse>

associées, 2 parcs naturels régionaux, la région belge de Wallonie, 2 agences d'urbanisme et une chercheuse. Des questionnaires auprès de chambres d'agriculture et de collectivités ainsi que des sondages auprès d'élus, de techniciens et d'autres acteurs opérationnels de l'urbanisme ont été effectués. À cela s'ajoutent également les entretiens effectués dans le cadre des thèses de Yannick Poyat (2018), d'Anne Blanchart (2018) et de Jesús Díaz-Sanz (2021), ainsi que les travaux de stage de Sofyane Lamari (2018), de Clémence Gazonneau et d'Olivier Trigo (2019).

L'Annexe 3 précise les acteurs consultés et la méthodologie adoptée pour les interroger soit par des entretiens semis-directifs (en présentiel ou par téléphone), soit au moyen de questionnaires d'enquête envoyés par courriel ou de sondages en ligne (Annexe 4).

### **3.1.3. Intérêt de l'approche MUSE pour l'objectif ZAN**

Comme vu précédemment, le projet MUSE (2018-2021) et le projet SolU3cion visent à intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme. Dans le même temps, le Plan Biodiversité de 2018 affiche l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) dans les démarches locales de planification. Cet objectif est adopté par le Sénat en juillet 2021. La loi Climat et résilience inscrit l'objectif de ZAN dans le code de l'urbanisme. L'objectif est de réduire par deux le rythme de l'artificialisation d'ici 2030 et d'atteindre l'objectif de zéro artificialisation nette en 2050. Il s'agit ainsi de limiter autant que possible la consommation de nouveaux espaces et, lorsque c'est impossible, de « rendre à la nature » l'équivalent des superficies consommées.

Une des tâches du projet SolU3cion est de produire une synthèse sur le lien entre l'objectif ZAN et la méthodologie MUSE. Elle vise à comprendre comment l'objectif ZAN impacte la vision des sols qu'ont les territoires et à établir en quoi la méthodologie MUSE peut permettre aux collectivités de mettre en œuvre cet objectif. Pour produire cette synthèse, le travail s'appuie sur les apports méthodologiques du projet MUSE. Il s'appuie également sur le cycle de 6 ateliers organisés entre janvier et juin 2021 par l'Institut Paris Région avec la Région Ile-de-France. Enfin, le travail se réfère aux résultats des rencontres « Comment limiter l'artificialisation ? », organisées par le Réseau National des Aménageurs entre 2020 et 2021. L'ensemble est analysé sous forme d'une réflexion synthétique sur le lien entre la méthodologie MUSE et l'objectif ZAN.

## **3.2. La représentation graphique comme support de communication**

Outre les visuels produits par une facilitatrice graphique sollicitée lors des webinaires pour faciliter les échanges avec les collectivités (Annexe 12), le travail comprend aussi une recherche de représentations schématiques des informations à intégrer pour mieux aborder et comprendre l'approche MUSE.

### **3.2.1. Schéma d'intégration de l'approche MUSE dans l'élaboration d'un PLUi**

Afin de rendre la méthode « MUSE » opérationnelle, il importe que les collectivités comprennent comment l'utiliser au cours de l'élaboration de leur PLU(i). Une des tâches du projet SolU3cion a donc consisté à produire un schéma positionnant les apports directs et indirects de l'approche MUSE. Il a été recherché un mode de représentation synthétique de la démarche d'élaboration d'un PLUi permettant d'y faire figurer explicitement les divers livrables du projet MUSE et d'indiquer comment ils peuvent être mobilisés aux différentes étapes de l'élaboration du PLUi.

Plusieurs réunions remue-méninges itératives ont permis de produire ce schéma qui a servi de fil conducteur pour présenter l'approche MUSE lors du webinaire final de restitution du projet SolU3cion.

### **3.2.2. Schéma de cartographie des acteurs à mobiliser pour appliquer la méthode**

Il importait également de proposer une vue synthétique des acteurs concernés par la multifonctionnalité des sols et qu'il serait intéressant de mobiliser dans l'élaboration d'un PLUi. En effet, pour mettre en œuvre la méthodologie MUSE lors de l'élaboration des PLU(i), il est conseillé de consulter des acteurs supplémentaires à ceux qui sont usuellement mobilisés. Ces acteurs possédant des connaissances sur les

sols ou étant capables de valoriser des données existantes sur les sols, voire d'en produire de nouvelles, sont aussi en mesure de sensibiliser les collectivités ou les personnes publiques associées (PPA) à la préservation des sols, à des moments clés de l'élaboration du PLUi.

Le travail de cartographie des acteurs à mobiliser a donc été réalisé, d'une part au moyen d'une recherche documentaire des acteurs usuellement impliqués dans l'élaboration d'un PLU(i)<sup>8</sup> ; D'autre part, par des réunions itératives d'un sous-groupe de l'équipe du projet de recherche MUSE, en s'appuyant sur le guide du ministère de la Transition écologique sur l'évaluation environnementale dans les documents d'urbanisme<sup>9</sup>, ainsi que sur les rapports produits dans le cadre du projet MUSE (*cf.* Tableau 1 et Illustrations réalisées *par des étudiants du master STRATAM, encadrés par le Cerema, avril 2020*

---

<sup>8</sup> <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/demarche-et-outils-pour-elaborer-un-plan-local-durbanisme-plu-et-un-plui>

<sup>9</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/evaluation-environnementale>

### 3.3. L'organisation d'ateliers comme mode d'échange avec les collectivités

Préparer la valorisation et la diffusion de l'approche MUSE est une étape primordiale du projet SolU3Cion pour évaluer l'intérêt, la répliquabilité et la généricité de l'approche méthodologique proposée dans le projet de recherche MUSE.

#### 3.3.1. Ateliers et questionnaires destinés aux trois villes partenaires du projet

L'analyse de l'appropriation de l'approche MUSE consiste en une phase de test de la méthodologie proposée auprès des 3 métropoles partenaires, par le biais d'ateliers de travail spécifiques organisés dans chacune de ces métropoles : Nantes Métropole (9 juin 2021), Métropole Aix-Marseille-Provence (15 juin 2021) et Châteauroux Métropole (18 juin 2021). Ces ateliers ont réuni 4 à 6 représentants de divers services des collectivités, avec à chaque fois la direction de l'urbanisme, parfois le service SIG, la direction de l'eau ou la direction de l'environnement ou de l'aménagement du territoire.

L'objectif de ces ateliers était de comprendre comment les 3 métropoles partenaires prévoyaient de s'approprier et d'utiliser la méthode proposée et de critiquer les cartes résultantes à dire de leur expertise de leur territoire. Il s'agissait donc d'exposer les résultats de l'approche MUSE et de récolter leurs réactions sur les cartes d'indicateurs de multifonctionnalité des sols proposées et plus largement sur l'approche adoptée. Ce travail s'est appuyé sur :

- une présentation de la méthodologie MUSE pour les zones couvertes par le référentiel régional pédologique (RRP) avec un zoom sur l'approche urbaine et son application aux trois territoires pilotes sur la base de cartographies représentant spatialement les fonctions des sols et leur multifonctionnalité,
- un questionnaire pour diriger les échanges pour relever les éléments qui manqueraient pour améliorer la méthode (Annexe 5)

Les représentants des trois collectivités partenaires étaient déjà sensibilisés à la protection des sols. Ils connaissaient la méthode MUSE ainsi que les enjeux et le vocabulaire relatifs aux sols (notions de fonctions des sols, de pleine terre etc.). Lors des ateliers, l'enjeu était donc de leur laisser la parole afin qu'ils réagissent spontanément à la présentation de l'état d'avancement du projet MUSE. Le questionnaire préparé n'a servi qu'à obtenir les réponses que les collectivités n'ont pas apportées d'elles-mêmes (entretien semi-dirigé).

Les questions posées portent sur l'appropriation des aspects techniques de mise en œuvre de la méthode, sur sa construction, ainsi que sur les moyens humains et matériels à mobiliser. Enfin, des questions spécifiques fonctions des enjeux propres à chaque territoire sont abordées.

#### 3.3.2. Ateliers organisés en webinaire avec un panel élargi de collectivités

L'analyse critique de la généricité de l'approche MUSE a reposé sur une synthèse d'une part, des retours d'expériences issus de la participation de membres de l'équipe projet à des webinaris organisés sur le sujet des sols et de l'aménagement (hors projet MUSE) et d'autre part, sur la synthèse des échanges recueillis auprès d'un large réseau de collectivités dans le cadre de deux webinaris :

- le 29 janvier 2021 : webinaire d'une journée sur le lien entre la méthodologie MUSE et l'objectif ZAN<sup>10</sup> réunissant les représentants de 32 territoires, toute échelle confondue (département, région, SCoT, PNR) dont 26 EPCI et de 12 bureaux d'études impliqués dans l'élaboration de documents d'urbanisme, en plus de CAUE, de DDT et de DREAL ;
- le 2 juillet 2021 : webinaire final de restitution du projet MUSE d'une matinée intitulé « Comment prendre en compte la qualité des sols dans les documents d'urbanisme » réunissant des représentants de 9 bureaux d'études et 60 représentants de 48 territoires dont une majorité d'EPCI (32/48).<sup>11</sup>

<sup>10</sup> <https://www.cerema.fr/fr/actualites/objectif-zan-levier-integration-qualite-sols-documents>

<sup>11</sup> <https://www.cerema.fr/fr/actualites/qualite-sols-documents-urbanisme-retour-webinaire-consacre>

Le webinaire du 29 janvier 2021 portait spécifiquement sur le lien entre la méthodologie MUSE et l'objectif ZAN<sup>12</sup>. Il a été l'occasion de critiquer une première fois la méthodologie développée dans le projet MUSE en discutant, notamment, de la prise en compte de la multifonctionnalité des sols et de son intégration dans la démarche d'élaboration des PLUi.

Le webinaire final de restitution du 2 juillet 2021<sup>13</sup>, a été l'occasion de présenter le retour des 3 territoires partenaires sur l'application de la méthode (bilan des 3 ateliers spécifiques), puis de consulter les participants sur l'opportunité de mettre en œuvre l'approche MUSE sur leurs territoires.

### 3.3.3. Questionnaire destiné aux participants du webinaire de restitution

Le travail d'analyse critique de l'approche MUSE s'est appuyé sur un questionnaire qui a été soumis aux participants en amont du webinaire final (détaillé dans l'Annexe 6). Ce questionnaire a été construit dans l'objectif de comprendre la vision actuelle des sols chez les participants et la façon dont ils intégraient ou pas la qualité des sols dans leurs pratiques d'aménagement et particulièrement dans leur démarche d'élaboration des documents d'urbanisme.

Pour cela, le questionnaire reprend certaines questions posées dans le questionnaire destiné aux 3 villes partenaires du projet (voir partie précédente). Il y ajoute des questions visant à comprendre si les répondants connaissent les notions liées aux fonctions des sols. En effet, contrairement aux métropoles partenaires, l'ensemble des participants au webinaire final n'est pas nécessairement sensibilisé à la question de la préservation des sols. Ainsi, ce questionnaire porte sur plusieurs thématiques telles que : l'intégration de la qualité des sols dans les pratiques d'aménagement des participants, leur sensibilisation à la question des sols, l'appropriation des outils techniques proposés dans la méthode, les moyens humains et matériels à mobiliser. Les résultats obtenus sont détaillés dans la partie suivante.

Par ailleurs, l'objet de ce questionnaire était de sonder en amont du webinaire la connaissance des participants sur l'approche proposée dans le projet MUSE et d'évaluer comment ils pensent pouvoir s'approprier cette méthode. En effet, une dizaine de participants au webinaire final avaient déjà pu voir se construire l'approche lors d'ateliers organisés au démarrage du projet MUSE (2018) ou lors du webinaire du 29 janvier 2021. L'objectif était ici d'identifier si la vision de ces participants avait évolué au cours du projet MUSE. Ce questionnaire est essentiellement à destination des praticiens en collectivités, mais le témoignage de personnes travaillant à l'accompagnement de la réalisation de documents d'urbanisme (bureaux d'études) était également intéressant à prendre en compte, même si ces acteurs restaient peu représentés parmi les participants.

## 3.4. Vers une diffusion et une généralisation de la méthode MUSE

### 3.4.1. Evaluation de la représentativité des collectivités consultées

La méthode qui est proposée dans le cadre du projet MUSE pour cartographier la multifonctionnalité des sols n'a été testée qu'auprès des trois métropoles partenaires : Métropole Aix-Marseille-Provence, Nantes Métropole et Châteauroux Métropole. Or, la vocation première du projet MUSE était que l'approche soit possible à mettre en œuvre à l'échelle de l'ensemble du territoire français métropolitain.

Les 3 villes partenaires du projet MUSE représentent des situations contrastées (cf. Annexe 1) :

- **Nantes Métropole** (646 522 habitants en 2018, 534 km<sup>2</sup>) : territoire fortement artificialisé (40% de la surface du territoire) avec également une forte présence de territoires agricoles
- **Châteauroux Métropole** (73 617 habitants en 2016, 538 km<sup>2</sup>) : très forte présence de territoires agricoles (67% de la surface du territoire), seulement 9% du territoire est artificialisé.
- **Métropole Aix-Marseille-Provence** (1 805 600 habitants en 2018, 3173 km<sup>2</sup>) : très vaste territoire avec une forte présence de forêts et de milieux naturels (48% de la surface du territoire).

---

<sup>12</sup> Webinaire du 29 janvier 2021 – Lien entre méthodologie MUSE et ZAN - <https://www.cerema.fr/fr/actualites/objectif-zan-levier-integration-qualite-sols-documents>

<sup>13</sup> Webinaire du 2 juillet 2021 - Comment prendre en compte la qualité des sols dans les documents d'urbanisme - <https://www.cerema.fr/fr/actualites/qualite-sols-documents-urbanisme-retour-webinaire-consacre>

Pour aller plus loin dans l'analyse de la généricité de l'approche MUSE, au-delà des retours des 2 webinaires organisés avec un large panel de collectivités, la représentativité des types d'enjeux représentés par les 3 métropoles partenaires du projet MUSE et par les collectivités ayant participé aux deux webinaires du projet SolU3cion a été analysée et a conduit à une cartographie de typologies de territoires en fonction d'enjeux liés aux sols.

### **3.4.2. Des fiches pédagogiques pour chaque indicateur de fonctions des sols**

Les deux webinaires répondent à la tâche de valorisation et de diffusion de la méthode MUSE visée dans le projet SolU3cion. Cette dernière phase du projet était l'un des enjeux fort du travail. Il s'agit en effet de permettre que les collectivités s'approprient facilement la méthode proposée dans le projet de recherche MUSE, qui restait très technique en l'état.

A cette fin, des fiches communicantes à destination des élus et des techniciens travaillant dans les services d'urbanisme des collectivités ont été produites pour mieux expliquer le mode de calcul des indicateurs de fonctionnalité des sols proposés.

Quatre fiches, définissent chaque fonction ainsi que les enjeux qui s'y rattachent. Elles renseignent également l'indicateur associé à la fonction et les paramètres pédologiques caractérisant ce dernier, les données utilisées et des exemples d'outils réglementaires à mobiliser pour la protéger. Enfin, une fiche sur la multifonctionnalité des sols urbains est produite. Elle explique comment est évaluée la capacité d'un sol urbain à exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel.

**Elles sont accompagnées par une cinquième fiche** qui a pour objet de présenter comment la méthodologie est construite : choix des fonctions, construction des indicateurs, mise en place d'une approche différenciée entre milieu urbain et milieu rural et lien avec l'objectif ZAN. Les fiches « fonctions » sont présentées en Annexe 11.

## 4. Résultats

### 4.1. Sols & documents d'urbanisme : synthèse des pratiques des collectivités

Dans cette partie sont présentés les principaux résultats issus des analyses documentaires, enquêtes et entretiens conduits dans le cadre des projets MUSE et SOLUC3ion, complétés par les apports de la thèse d'Anne Blanchart.

#### 4.1.1. La place actuelle des sols dans les documents d'urbanisme

##### 4.1.1.1. Une vision foncière et monofonctionnelle des sols restant à dépasser

Dans l'ensemble des PLU(i) analysés, la question des sols (et plus généralement des ressources naturelles, dont le sol) reste évasive avec seulement 2 thématiques sur 7 présentes dans les principaux objectifs de l'élaboration du document.

Au niveau des thématiques abordées dans l'ensemble des documents d'urbanisme analysés (SCoT, PLU et PLUi), les sols sont bien plus largement traités, même s'il s'agit le plus souvent d'une approche monofonctionnelle axée sur l'une des contraintes réglementaires s'appliquant au territoire, par exemple au travers d'objectifs de protection de zones humides (fonction de régulation et de rétention d'eau), de limitation de l'imperméabilisation (fonction d'infiltration), de retour de la nature en ville ou de maintien de la biodiversité (fonction source de biomasse et de réservoir de biodiversité).

Hormis cela, le sol est mentionné relativement à l'utilisation qu'on en fait : zones à urbaniser, emprises des constructions, zones naturelles, zones à protéger. Dans ce cas, le sol est alors réduit à sa dimension surfacique (2D), dans une vision foncière, en lien avec les aspects juridiques et économiques du plan d'urbanisme.

Dans la thèse de Anne Blanchart (2019), l'analyse lexicale quantitative des occurrences du mot « sol » dans les documents de 15 PLU montre que le « sol-ressource » (vision 3D) apparaît plus fréquemment dans le rapport de présentation du PLU (RP) et le PADD par comparaison aux occurrences « sol-surface » (Figure 6). A l'inverse, dans le règlement, les occurrences de «sol» renvoient davantage à la notion de surface (88 %) que de ressource (12%).

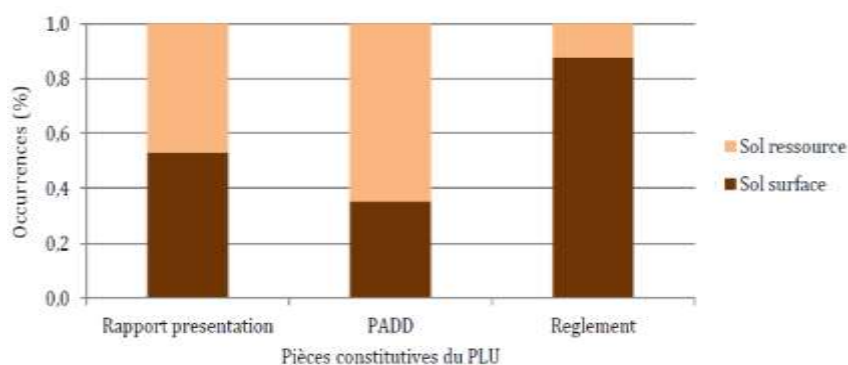


Figure 6 : Densité des occurrences de « sol-surface » et « sol-ressource » dans les 15 PLU étudiés par Anne Blanchart (2018).

##### 4.1.1.2. Diverses étapes d'élaboration du PLU(i) intégrant une notion des sols

Dans les documents d'urbanisme, les occurrences du mot « sol » sont inégalement réparties dans les différentes composantes des documents d'urbanisme (Tableau 3). Dans le cas des PLU(i), quand les sols sont abordés ils le sont principalement au niveau du diagnostic territorial sous l'angle des risques ou des

contraintes indirectement liées aux sols, tels que la pollution, l'aléa retrait-gonflement des argiles, la présence de cavités dans le sous-sol.

	Le diagnostic territorial	L'état initial de l'environnement	L'évaluation environnementale le cas échéant	Les OAP	Le PADD	Le règlement	Les annexes
Communauté d'Agglomération du Grand Dole	Jaune			Jaune			
Communauté de Communes de Brocéliande	Jaune			Jaune		Jaune	
Communauté de Communes Meuse Rognon			Jaune				
Communauté de Communes du Grand Autunois Morvan	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	
Eurométropole de Strasbourg	Jaune	Jaune	Jaune				
Communauté de Communes de l'Ouest Vosgien	Jaune	Jaune	Jaune				
Commune de Peyruis							Jaune
Communauté de Communes du Pays Solesnois				Jaune			
Communauté de Communes de la Ténarezze	Jaune						
Communauté de Communes du Jovinien			Jaune				
Communauté de Communes des Hauts de Flandres			Jaune				
Le mans métropole	Jaune	Jaune	Jaune		Jaune		
Communauté de Communes Saone Beaujolais		Jaune	Jaune				
Communauté de Communes Sud Sarthes	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune

Tableau 3 : Prise en compte des sols dans les différentes parties du plan local d'urbanisme (extrait de l'enquête des collectivités menée par Sofyane Lamari, 2018). En jaune les parties qui abordent la question des sols dans les documents d'urbanisme analysés.

Les collectivités peinent aussi à traduire les informations données sur les sols dans la partie du règlement du PLU(i), probablement à cause d'outils réglementaires insuffisants (Figure 7).

Le sol n'est en effet pas identifié explicitement dans la réglementation comme un élément des écosystèmes à protéger, à la différence de l'eau et de l'air.

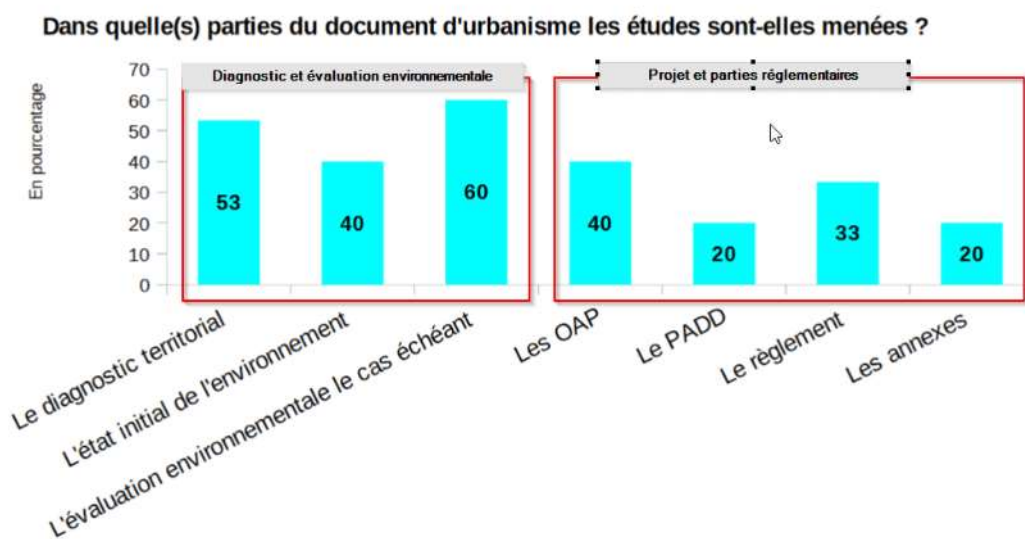


Figure 7: Dans quelle(s) partie(s) du document d'urbanisme les études sont-elles utilisées ? (Enquête collectivités, extrait du rapport d'étude de Sofyane Lamari). 53% des études sont utilisées pour alimenter le diagnostic territorial, 40% l'état initial de l'environnement....

Le sol reste considéré comme un critère parmi tant d'autres dans le processus d'élaboration du PLU(i) et sa prise en compte dans le choix des zonages du PLU(i) n'apparaît pas toujours dans les documents d'urbanisme. Dans le cas des PLU(i) étudiés, aucun support cartographique concernant les sols ne vient appuyer le zonage et ce même si le diagnostic propose des cartes mentionnant la qualité des sols. De manière globale, la vision des sols dans les documents d'urbanisme analysés reste majoritairement surfacique.

Le sol « ressource » n'apparaît que rarement dans l'évaluation environnementale. Selon les relevés d'enquêtes et de sondages en ligne, très peu de collectivités utilisent des indicateurs liés au sol pour le suivi et l'évaluation de documents d'urbanisme (Figure 8). Le principal indicateur utilisé est l'évaluation des surfaces consommées (mesure des surfaces urbanisées initialement dédiées aux surfaces agricoles et naturelles).

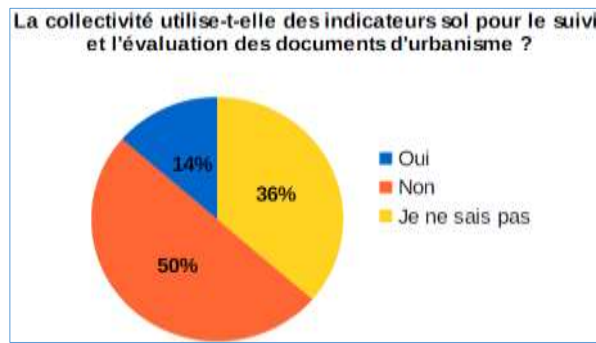


Figure 8 : Réponse à l'une des questions de l'enquête menée par Sofyane Lamari (2018).

## 4.1.2. Les perceptions du rôle des sols et de leur importance pour les PLUi

### 4.1.2.1. Des degrés de considération variables des sols selon les acteurs impliqués

Le sondage réalisé auprès d'une diversité d'acteur par Anne Blanchart (2018) indique que la considération apportée au sol varie en fonction de la structure de rattachement du répondant (Figure 9).

Une notation sur le degré de considération apporté au sol est attribuée en fonction des réponses données, avec la note de 1 pour une faible considération et de 5 pour des sols considérés comme importants à prendre en compte dans la démarche de planification. Il ressort de cette analyse que les personnes travaillant au sein des services « environnement » et « urbanisme » des collectivités territoriales ainsi que les acteurs des bureaux d'études et les élus des collectivités territoriales donnent une note de considération du sol proche de 3. À l'inverse, la note donnée par des agences d'urbanisme est proche de 1.

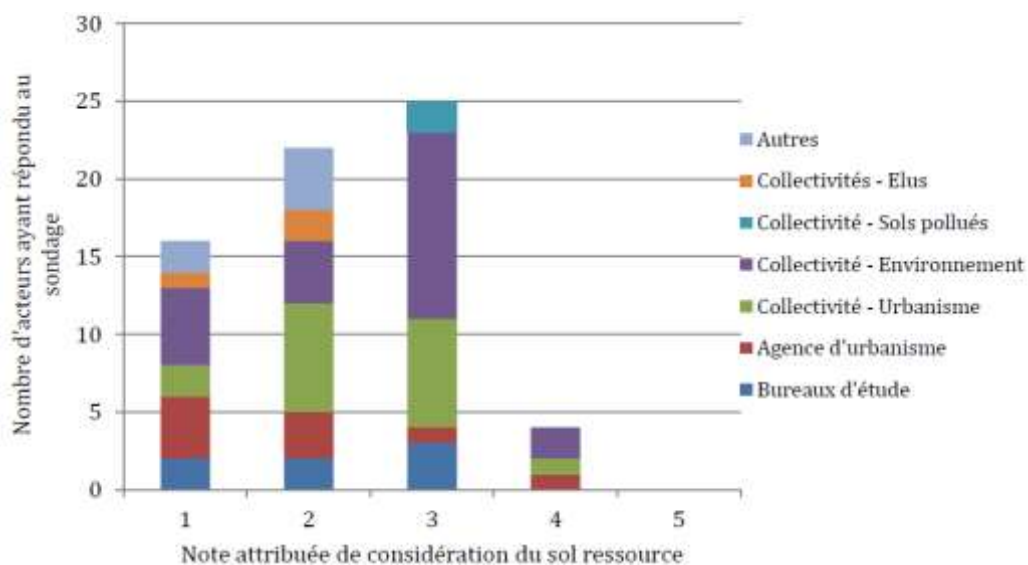


Figure 9 : Note de considération portée au sol comme ressource attribuée par chaque acteur ayant répondu au sondage en ligne (extrait de la thèse d'Anne Blanchart, 2018).

#### 4.1.2.2. Des perceptions des fonctions des sols orientées selon les acteurs

L'analyse des différentes réponses aux enquêtes met en évidence la manière dont les acteurs, intervenant dans les projets d'aménagement urbain, considèrent les fonctions des sols utiles à prendre en compte. Au sein des élus et techniciens interrogés, la vision surfacique des sols persiste. Il ressort également que la sensibilisation des acteurs aux questions des sols est un critère déterminant leur capacité à appréhender les fonctions des sols.

L'approche par type de questionnaire sollicitant l'attribution d'une note, par ordre d'importance, aux services écosystémiques rendus par les sols, permet d'identifier les fonctions des sols considérées comme indispensables par les élus et les techniciens rencontrés (Tableau 4).

	services rendus par le sol	élu.es 13 votants	technicien.nes 8 votants
<b>approvisionnement</b>	source d'énergie	3,9	2,4
	stockage et fourniture d'eau (RU)	4,8	4,75
	fourniture et recyclage des nutriments	4,2	4,5
	source de matières premières (matériaux)	3,4	2,75
	source de matières premières (agriculture)	4,8	4,75
<b>support</b>	support de l'activité biologique	4,1	5
	support de végétation	4,3	5
	support d'habitats et activités	4,1	3,25
	support de loisir	2,5	2,5
<b>régulation</b>	régulation du cycle de l'eau (infiltration)	4,4	5
	régulation du climat (évapotranspiration)	4,1	4,6
	régulation des aléas naturels (érosion)	4,1	4
	régulation de la qualité de l'air	3,8	4

Tableau 4 : Grille de notation des services écosystémiques rendus par les sols, extrait du mémoire de stage de Clémence Gazonneau (2019). La note 1 indique une faible considération, la note 5 une considération importante, avec en rouge les notes les plus élevées obtenues par les services et en bleu les faibles notes.

Ainsi, le stockage et la fourniture d'eau à la végétation (réserve utile), l'agriculture comme source de matière première et la capacité des sols à réguler le cycle de l'eau sont les 3 services considérés comme étant les plus importants.

Néanmoins, l'analyse des enquêtes réalisées sur un panel plus large de collectivités (cf. stage de Sofyane Lamari, 2018) montre que globalement la question des sols gagne en visibilité auprès des différents acteurs intervenants dans la construction des documents d'urbanisme. Quel que soit le type de collectivités (rurale/urbaine), il y a une prise de conscience générale sur le rôle du sol pour faire face aux risques (inondations, mouvements de terrain...), induite par un apprentissage au gré des événements.

Interrogés plus en profondeur sur les services rendus par les sols, la majorité des élus considère comme indispensables les services liés au domaine de l'approvisionnement (stockage et fourniture d'eau et source de biomasse), du support (pour l'activité biologique, la végétation ou les habitats et activités), de la régulation (infiltration de l'eau, évapotranspiration, érosion, stockage de carbone, qualité de l'air) et le domaine culturel (paysage – patrimoine naturel).

L'analyse des travaux révèle de plus que les discours sont orientés selon les métiers exercés par les personnes interrogées ainsi que leur niveau de connaissances et d'implication concernant les sols.

Au-delà, les chambres d'agriculture consultées évoquent l'importance de la prise en compte des fonctions des sols pour hiérarchiser les extensions urbaines, non seulement par rapport à leur potentiel agricole mais aussi en lien avec le paysage, la biodiversité, l'eau. Au travers de la préservation des fonctions des sols, il s'agit aussi de protéger les milieux naturels (surtout les zones humides) et les fonctions qu'ils remplissent.

### 4.1.3. Un ressenti des freins à l'intégration des sols dans les PLUi

#### 4.1.3.1. Une ignorance de la question des sols dans les cahiers des charges

Les connaissances évasives et parfois erronées des sols chez les acteurs impliqués expliquent en partie leurs difficultés à appréhender les enjeux liés aux sols (préservation des espaces agricoles et naturels) et à comprendre la diversité des sols et les fonctions qu'ils assurent. Une part non négligeable des collectivités interrogées n'a pas connaissance de l'intégration de la question des sols dans le cahier des charges de l'élaboration des documents d'urbanisme. La majorité n'intègre pas cette question (Figure 10).

Les principaux freins à la réalisation d'études de sols cités par les personnes interrogées (Figure 11) sont le manque de temps à consacrer aux questions des sols afin d'anticiper et de travailler en amont du démarrage du PLU(i) ainsi que le manque de compétences dans le domaine (pédologique par ex) pour analyser et interpréter les données disponibles.

Les collectivités ainsi que les chambres d'agriculture expriment également des difficultés concernant l'accès aux données. L'acquisition de ces données est souvent coûteuse et provient de ressources hétérogènes et variables. Ces données sont, de plus, complexes à appréhender selon l'échelle de production, l'indisponibilité ou le niveau de précision.

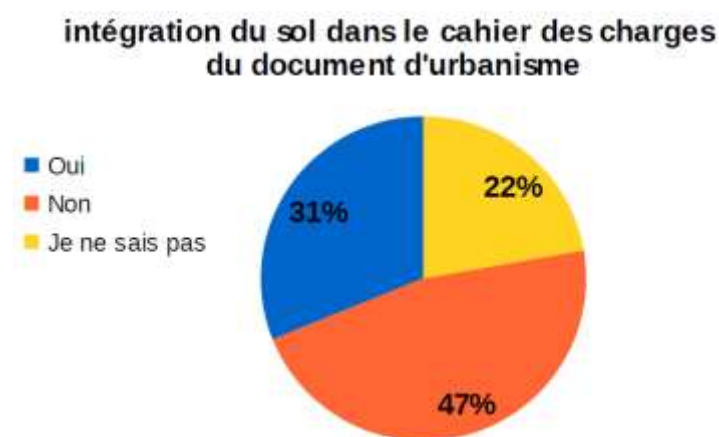


Figure 10 : La question des sols est-elle intégrée dans le cahier des charges du document d'urbanisme (enquête collectivités, rapport d'étude de Sofyane Lamari, 2018).

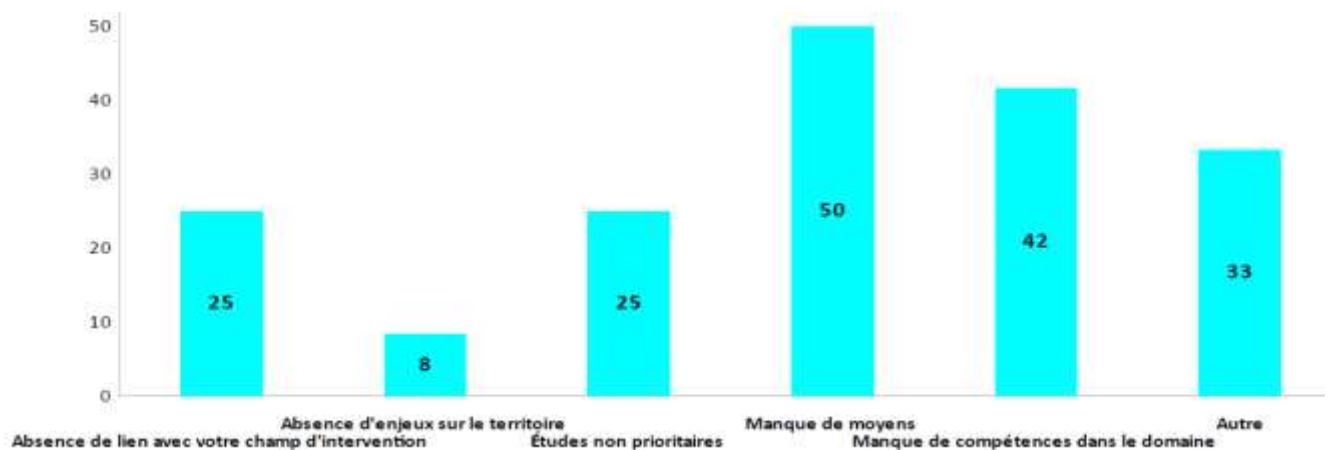


Figure 11 : Les raisons pour lesquelles des études ne sont pas réalisées (enquête chambres d'agriculture), extrait du rapport d'étude de Sofyane Lamari.

#### 4.1.3.2. Un défaut de données sur les sols et d'interactions entre services

Moins d'une collectivité sur deux commande des études sur les sols. Dans l'ensemble, les élus sont sensibilisés aux méfaits de l'artificialisation des sols mais perçoivent ce phénomène comme incontournable pour un développement économique du territoire. Le sol reste globalement assimilé à une ressource foncière dont la maîtrise, sur le plan économique, reste vue comme la première condition de réussite de l'aménagement d'un territoire.

L'absence de relation entre producteur et utilisateur des données constitue également un point de blocage dans la transmissibilité de l'outil cartographique pourtant disponible mais jugé trop complexe à appréhender.

Plus globalement, c'est le manque de communication entre les différents partenaires de l'aménagement du territoire qui fait défaut pour une prise en compte intégrée des multiples fonctions des sols. Le sol demeure un objet complexe et difficile à appréhender car nécessitant une vision transversale des enjeux. C'est dans ce cadre que de nombreux services traitent des sols mais sans aucune approche intégrée ou transversale de ses multiples fonctions (citation 1). L'interaction entre services indispensable à cette vision intégrée n'est souvent pas organisée.

*"La thématique environnement est répartie entre divers services et directions. Donc il manque un peu la transversalité qu'on pourrait attendre autour de cette notion... au niveau de l'environnement, on a une direction de l'environnement mais qui a plus l'éco-citoyenneté, le développement durable au sens large. A côté, on a une direction qui s'occupe des espaces naturels et de l'agriculture... Avec d'un côté le paysage, d'un côté l'agriculture, d'un côté le foncier, d'un côté les sites Natura 2000..."*

Citation 1 : Manque de coopération entre les différents départements responsables des sujets liés à l'environnement, entretien réalisé avec un employé de la Métropole Aix-Marseille Provence, extrait de la thèse de Jesús Díaz-Sanz.

## 4.2. Implications pour MUSE : acteurs & potentiel d'utilisation

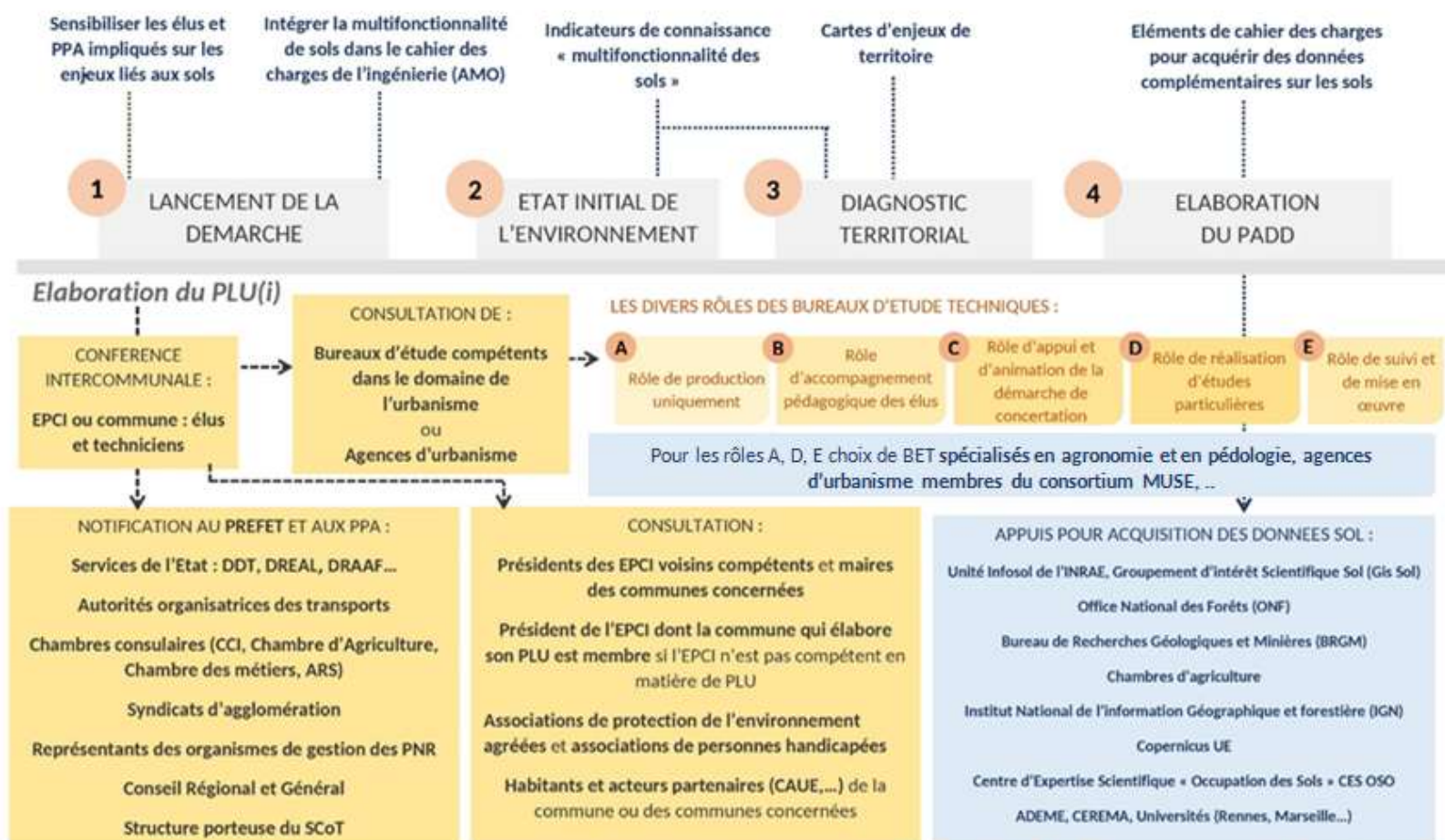
### 4.2.1. Acteurs à mobiliser pour mettre en œuvre la méthodologie MUSE

Du fait des difficultés d'appréhension des multiples dimensions des sols, il est proposé d'intégrer des acteurs possédant des compétences sur les sols qui permettent d'améliorer la prise en compte des fonctions des sols dans les PLU(i), voire de mettre en œuvre l'approche MUSE proposée. La Figure 12 indique les acteurs qu'il serait utile de mobiliser, en plus des acteurs usuellement impliqués dans l'élaboration d'un PLU(i).

Lorsque la collectivité souhaite lancer son PLU(i), elle consulte des agences d'urbanisme ou des bureaux d'étude compétents dans le domaine. Pour intégrer la qualité des sols à sa démarche, il est conseillé que la collectivité choisisse des bureaux d'étude spécialisés en pédologie ou en agronomie ou encore des agences d'urbanisme sensibles à la question du sol. Certains membres du consortium MUSE peuvent également être mobilisés, notamment pour impulser, expliciter et suivre l'application de la méthodologie MUSE dans la démarche de la collectivité. Ces différents acteurs seront à même d'accompagner la collectivité dans la phase de production des documents d'urbanisme afin d'y intégrer la qualité des sols. Ils pourront également assurer la réalisation d'études particulières sur les sols et assumer le rôle de suivi et de mise en œuvre du PLU(i) dans ce domaine. Concernant l'acquisition des données sol, plusieurs acteurs peuvent être mobilisés en accompagnement tels que : l'unité Infosol de l'INRAE, le Groupement d'Intérêt Scientifique du Sol (Gis Sol), l'ONF, les Chambres d'agriculture...

Par ailleurs, lors de l'élaboration de son PLU(i), la collectivité doit consulter des Personnes Publiques Associées (PPA). Pour intégrer la question de la multifonctionnalité des sols, il est alors souhaitable que la collectivité s'associe avec des personnes publiques sensibilisées à cette question telles que : les Missions Régionales d'Autorité Environnementale (MRAE), l'ADEME, l'Office Français pour la Biodiversité (OFB), l'ONF... Enfin, il est intéressant pour la collectivité d'évaluer le maintien de la multifonctionnalité après la mise en œuvre de son PLU(i). Pour cela, la collectivité peut faire appel aux bureaux d'étude techniques ayant réalisé les cartes initiales, à des bureaux d'étude en environnement et en urbanisme. L'observatoire de l'artificialisation permet actuellement de suivre l'artificialisation à la parcelle, ce qui pourra permettre à la collectivité d'évaluer la préservation (ou non) des zones identifiées comme multifonctionnelles. Elle peut également prendre la décision de réaliser un nouveau diagnostic en vue de la révision du document notamment.

## Apports de la méthodologie MUSE



## Acteurs support

PPA : Personnes publiques associées, BET : Bureau d'étude, AMO : Assistance à maîtrise d'ouvrage, CCI : Chambre de commerce et d'industrie, ARS : Agence régionale de santé, CAUE : Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement

Figure 12 : Schéma des acteurs à mobiliser tout au long du processus d'élaboration du PLU(i). (les différentes étapes et leur succession temporelle sont identifiés par les chiffres de 1 à 4).  
Source : stage Emma Duplanil, 2021.

## 4.2.2. Apports directs et indirects de MUSE dans l'élaboration d'un PLU(i)

Le schéma ci-dessous (Figure 13) montre comment les résultats de l'approche MUSE peuvent s'intégrer aux différentes étapes de l'élaboration d'un PLU(i) pour permettre une prise en compte de la multifonctionnalité des sols. Les résultats directs du projet MUSE permettent essentiellement de (cf. en bleu dans la Figure 13) :

1. Mettre en place une méthode pour construire des cartes d'indicateurs de connaissance de la multifonctionnalité des sols à l'échelle des territoires (à minima 1/250 000ème) : cartes de fonctions des sols (potentiel d'infiltration de l'eau, biodiversité, stock de carbone, potentiel agronomique) et carte de croisement des fonctions pour obtenir une carte globale de la multifonctionnalité des sols.
2. Caractériser les éléments de contexte risquant d'impacter l'usage des sols : cartes à l'échelle des territoires (pédo-paysages, risque inondation, espaces protégés, artificialisation, sources de pollution des sols, corridors écologiques) et carte de macro-enjeux socio-économiques à l'échelle communale.
3. Donner des éléments pour aider les collectivités à écrire des cahiers des charges pour l'acquisition de données complémentaires sur les sols afin de produire les cartes d'indicateurs.

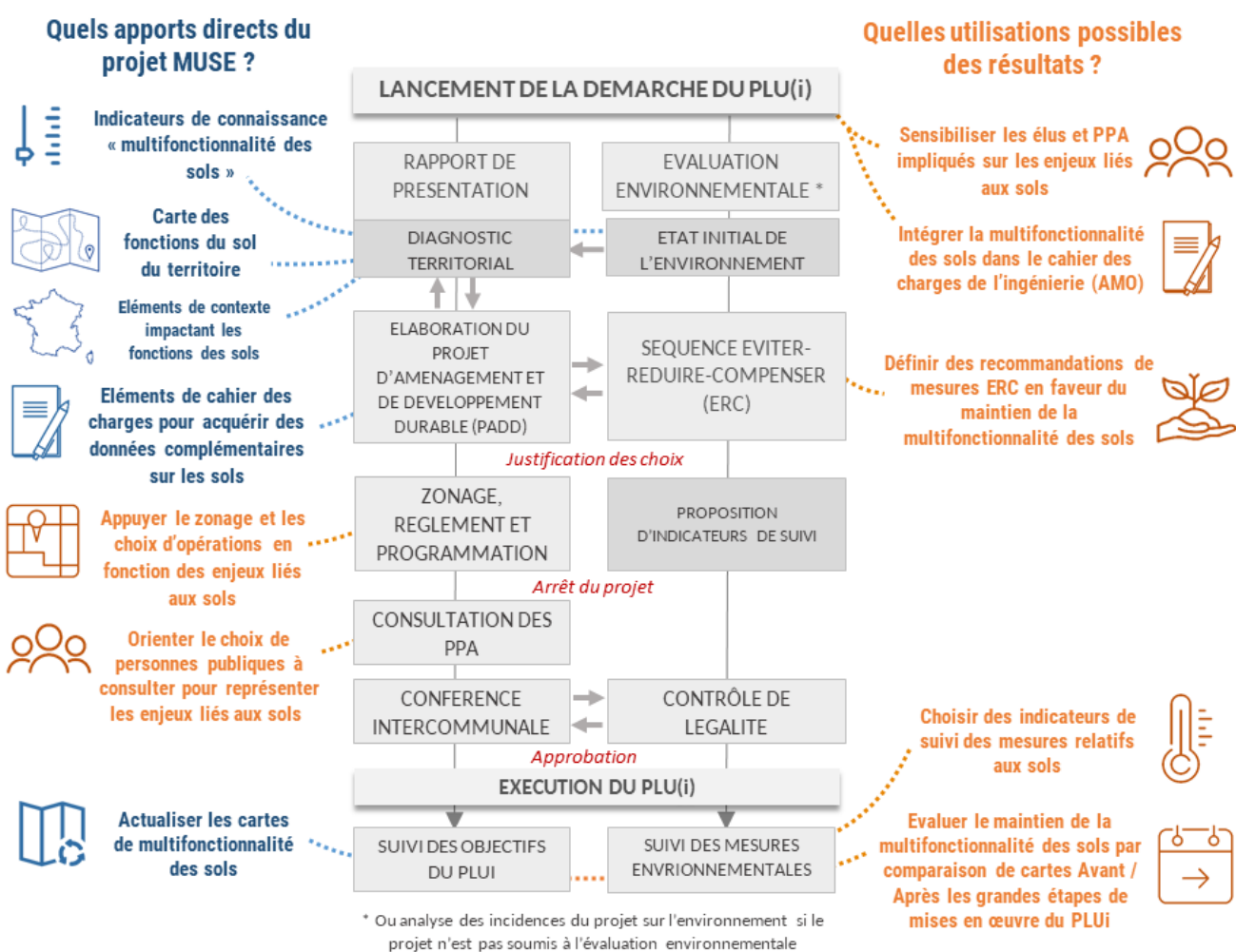


Figure 13 : Schéma d'intégration de l'approche MUSE dans le processus d'élaboration du PLU(i). En bleu, les apports directs de la méthode et en orange les apports indirects. Source : Emma Duplanil, 2021.

Les cartes d'indicateurs de la multifonctionnalité des sols et la carte de caractérisation des éléments de contexte local (ou de typologie des enjeux liées aux sols) peuvent être directement utilisées pour préciser l'état initial de l'environnement du territoire, de sorte à intégrer explicitement les sols comme élément de l'environnement. Le croisement des deux approches cartographiques peut aussi appuyer la description du diagnostic territorial. En croisant les cartes d'enjeux et les cartes de multifonctionnalité des sols, les collectivités peuvent alors intégrer

la qualité des sols au PLUi de manière adaptée aux caractéristiques de leurs territoires. En cas de manque de données sur les sols, le projet MUSE propose, dans l'un de ses livrables<sup>14</sup>, un cahier des charges type pour solliciter l'acquisition de données complémentaires, utile à la caractérisation de la multifonctionnalité des sols du territoire. Au fur et à mesure de la mise en œuvre du PLUi, l'approche MUSE propose enfin d'actualiser les cartes indiquant la multifonctionnalité des sols pour évaluer l'atteinte des objectifs et suivre l'impact des mesures environnementales.

Au-delà des livrables du projet MUSE, la collectivité peut également s'appuyer sur l'approche MUSE pour :

- Sensibiliser les acteurs impliqués sur les enjeux liés aux sols en utilisant les éléments de communication fournis dans le projet MUSE ;
- Intégrer la multifonctionnalité des sols dans le cahier des charges de l'ingénierie (AMO) en faisant référence au projet MUSE et à ses déclinaisons dans les 3 territoires partenaires pour orienter la réponse à l'appel d'offre ;
- Appuyer le zonage, les orientations (OAP) et les choix d'opérations sur des enjeux liés aux sols en intégrant des critères sur le maintien des fonctions des sols, mis en avant par des cartographies ...
- Comme on peut le constater, l'approche MUSE est une méthode technique, son efficacité pour contribuer à préserver les sols multifonctionnels des territoires ne peut avoir lieu qu'à la nécessaire condition que les collectivités parviennent à s'en saisir. Au cours de l'élaboration et de la finalisation de la méthode MUSE, les retours des collectivités, objets des parties suivantes, sont également indispensables afin d'améliorer la méthode en vue de sa généralisation.

### 4.3. Analyse critique de la méthode MUSE : les retours des collectivités

#### 4.3.1. Intérêts et limites de l'approche MUSE selon les 3 métropoles partenaires

Dans cette partie, sont présentés les principaux résultats obtenus lors des ateliers organisés dans chacune des métropoles. Un tableau fait la synthèse des comptes rendus des ateliers (cf. Annexe 8), en présentant les retours des 3 collectivités selon plusieurs thématiques : intérêt de la méthode MUSE, propositions d'améliorations du rendu des cartes, perception des résultats par rapport à la connaissance du territoire...

L'enjeu de travailler avec les trois métropoles partenaires de Muse était de s'intéresser à des territoires contrastés en termes d'enjeux environnementaux et d'aménagement. La Figure 14 (et l'Annexe 1) illustre (nt) ainsi schématiquement de manière contrastée une vision des territoires perçue par les étudiants du master STRATAM. Une description détaillée de ces trois territoires est présentée dans le livrable MUSE (Branchu et al., 2022).



Figure 14 : Bloc diagramme illustrant schématiquement les territoires de Nantes Métropole, Châteauroux Métropole et de la métropole d'Aix-Marseille-Provence, Source : étudiants du master STRATAM, avril 2020.

##### 4.3.1.1. Nantes Métropole : MUSE, une vision intégrée des sols utiles à l'objectif ZAN

Le PLUm (Plan Local d'Urbanisme métropolitain) de Nantes Métropole est opposable depuis avril 2019 et comporte une OAP « Trame Verte et Bleue et paysage » qui témoigne de la préoccupation de la métropole pour son patrimoine naturel et du caractère structurant de ses trames (voir le projet « Etoile Verte »<sup>15</sup>). Les points suivants sont particulièrement ressortis lors des échanges :

<sup>14</sup> 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.

<sup>15</sup> <https://bulletindescommunes.net/nantes-projet-etoile-verte>

- Pour la collectivité, l'approche multicritères de MUSE permet **une meilleure connaissance des sols du territoire** sur les espaces agricoles et sur les espaces urbanisés. La méthode met en perspective la séquence Eviter-Réduire-Compenser de la démarche de planification du territoire.
- La vision macroscopique des données sur les sols, offerte par l'approche MUSE, permet selon Nantes Métropole **d'identifier facilement des secteurs de sols à fort / faible potentiel**, ce qui devrait ensuite faciliter la mise en œuvre de l'objectif ZAN. La méthode permet de plus d'identifier les zones où il y a un besoin de données supplémentaires pour travailler à une échelle plus fine.
- La carte de multifonctionnalité présentée conforte dans les grandes masses ce qui est actuellement prescrit dans le PLUm. La métropole souligne le fait qu'elle a besoin d'accompagnement pour mener **le travail de pondération des indicateurs en fonction des enjeux**. Par exemple, les zones humides, dont le rôle est déterminant au sein de la métropole, sont bien repérables, mais parfois pas assez représentées. Un questionnement est émis concernant la pertinence de l'échelle de 1/250 000ème qui n'est pas appropriée pour travailler précisément à l'échelle de quartiers.
- La métropole se propose de **répliquer la méthode** de cartographie de la qualité des sols en interne pour évaluer sa facilité de mise en œuvre. Ceci lui permettra **de réaliser des cartes d'enjeux** et d'utiliser la donnée pour prouver qu'un sol est potentiellement de qualité dans un projet d'aménagement. Cela permettra également de prioriser les opérations de désimperméabilisation / renaturation des sols urbains mais requiert une échelle de rendu plus fine.
- Concernant l'approche en milieu urbain, **la métropole exprime le besoin que la carte soit déclinée en carte d'enjeux**, afin qu'elle soit plus facilement appropriable pour les élus. Par ailleurs, les représentants de la métropole témoignent du besoin de poursuivre le travail de pédagogie auprès des élus afin que les sols ne soient pas perçus comme une contrainte supplémentaire. En effet, les élus sont souvent sensibles aux enjeux de protection des zones agricoles et humides mais ils sont moins conscients de la nécessité de protéger les fonctions des sols.
- Par ailleurs, la métropole s'interroge sur **la pérennité et la modularité des paramètres utilisés : les évolutions éventuelles dues aux changements d'usages du sol ne sont pas considérées**. On peut apporter de la matière organique pour améliorer le potentiel agronomique d'un sol par exemple.
- **Une Intégration des résultats de MUSE est prévue en amont sur la construction du diagnostic territorial et du PADD** lors d'une prochaine révision du PLUm.

#### 4.3.1.2. Châteauroux Métropole : MUSE, outil pédagogique pour préserver les sols et balayer des idées reçues

Le PLUi de Châteauroux Métropole est approuvé et opposable depuis 2020. Le territoire travaille depuis plusieurs années avec la Chambre d'Agriculture de l'Indre notamment. Les points suivants sont particulièrement ressortis lors de l'atelier :

- Selon la collectivité, l'approche MUSE permet d'avoir **une meilleure connaissance du territoire en balayant des idées reçues** telles que le manque de biodiversité des zones de grandes cultures ou au contraire l'importante biomasse des sols forestiers. Le projet apporte aussi une dimension qualitative alors que jusqu'à présent la collectivité abordait la question des sols de manière quantitative, au travers de la consommation d'espace.
- MUSE permet également **un découplage des thématiques**, notamment au travers de la carte de multifonctionnalité. Cette carte est un nouvel outil à mettre à disposition des élus et à ancrer dans l'état initial du territoire pour les projets de planification et d'aménagement.
- La métropole souligne un point de vigilance : **la carte de multifonctionnalité seule risque d'être utilisée par les élus** sans établir de liens entre les fonctions des sols et les enjeux spécifiques du territoire. Cela pourrait conduire à condamner certains sols dont les fonctions répondent bien à ces enjeux mais qui n'obtiennent pas un indice de multifonctionnalité élevé.
- Il serait intéressant, du point de vue de la collectivité **d'intégrer de telles cartes de multifonctionnalité** dans le diagnostic du Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT), soit à une échelle plus large et à un niveau encore plus stratégique que celui du PLUi. Au-delà, ces cartes trouveraient leur place dans **les porter à connaissance des services de l'État**, en amont des démarches de planification de l'aménagement du territoire. Les représentants de la métropole témoignent d'un besoin d'appui et d'expertise pour descendre à l'échelle plus fine du PLUi en utilisant des données plus fines de cartographie des sols.

- L'intérêt de l'approche de détermination de la capacité d'un sol urbain à exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel pour retrouver des espaces agricoles en milieu urbain est souligné. Toutefois la métropole indique qu'il est dommage que la **question de la pollution ne soit pas prise en compte**.
- La métropole appuie sur le fait que ces **nouveaux indicateurs nécessitent beaucoup de pédagogie** et qu'ils sont à croiser avec d'autres enjeux, techniques ou économiques : proximité des réseaux, desserte des parcelles, maîtrise foncière... Les cartes sont davantage à destination des services techniques qui doivent pouvoir se les approprier pour les retraduire aux yeux des élus.
- Enfin, la métropole souligne que la **méthode MUSE est sans doute plus compliquée à mettre en œuvre pour des petites collectivités** qui ont moins de compétences techniques. Dans ce cas, il serait nécessaire de mobiliser des bureaux d'études techniques. Une piste est proposée pour les zones rurales : produire des cartes toute-faites à l'échelle du département et à intégrer dans le cadre des porter à connaissance.

#### 4.3.1.3. Métropole Aix-Marseille-Provence : conscientisation de l'importance des sols, un préalable à la mise en œuvre d'approche MUSE

L'étendue de la métropole s'apparente plus à un petit département dont l'étalement historique est directement lié à la situation multipolaire de l'habitat et aux contraintes géographiques biophysiques (massifs naturels de Provence). L'origine de l'attention portée aux sols est apparue dans les différents conseils de territoire et le travail de déclinaison aux différentes échelles territoriales est en cours.

- La métropole souhaite confronter la carte de multifonctionnalité au Mode d'Occupation du Sol (MOS) afin de voir si les zones à urbaniser (AU) ainsi que les zones agricoles (A) sont bien placées.
- Sur la mise à jour de la donnée sol, la métropole souligne une limite : sur les franges, il existe des zones urbanisées qui ne sont pas cartographiées car le Référentiel Régional Pédologique date de 1995. Il serait donc intéressant de tester la méthode sur une zone plus fine avec des données plus récentes.
- Par ailleurs, un point de vigilance est soulevé : la méthode MUSE doit être utilisée en supplément d'autres informations mais ne doit pas les supplanter afin d'éviter les mauvaises interprétations. Par exemple, des sols peu multifonctionnels peuvent toutefois avoir un fort intérêt patrimoine ou paysager. De plus, un besoin de pédagogie est exprimé : un élu ne va par exemple pas forcément comprendre pourquoi un sol au fort potentiel agronomique peut être situé dans une zone saline.
- À l'heure d'un dérèglement climatique accru et des injonctions liées au ZAN et à la loi Climat et résilience, la métropole se sent désarmée en matière d'ingénierie pour intégrer la qualité des sols dans l'aménagement du territoire. Selon la collectivité, l'approche MUSE est donc importante pour décrypter l'objectif ZAN et pour l'introduire dans la séquence Eviter-Réduire-Compenser lors de l'élaboration des documents d'urbanisme. Il faudrait en 1er lieu une ingénierie reformatée qui intègre la question du vivant dans les documents de planification et de gestion des territoires à partir des connaissances sur les sols.
- La métropole souligne de plus que la montée en connaissance sur les sols est un avenir à construire. Pour ce faire, il apparaît pertinent de construire des liens entre laboratoires scientifiques et ingénierie des territoires pour rendre la méthode MUSE applicable dans le contexte de la loi Climat et résilience.
- La question de l'utilisation en amont du PLUi, dans le SCoT est également soulevée par la collectivité.

#### 4.3.2. Retour sur l'approche MUSE par le panel élargi de collectivités

Le 2 juillet 2021 a eu lieu le dernier atelier d'échange avec les collectivités organisé en format webinaire par les partenaires du projet MUSE. Jusqu'à 65 personnes y ont participé à savoir des représentants de collectivités et d'autres acteurs concernés par l'élaboration des PLU(i) et de SCoT. Des représentants des 3 métropoles partenaires du projet étaient également présents. Chaque participant a pu s'exprimer et indiquer les intérêts, limites et les points de vigilance qu'il voyait à la méthode proposée. Cette partie rassemble les principaux résultats de cet atelier ainsi que les apports du questionnaire de préparation du webinaire.

##### 4.3.2.1. Résultats du questionnaire de préparation du webinaire final

Un questionnaire a été transmis en amont du webinaire aux 127 personnes inscrites. Parmi les 19 participants qui ont répondu, une majorité travaille au sein de collectivités. Dix répondants travaillent dans un EPCI au service de l'urbanisme. L'ensemble des résultats est détaillé dans l'Annexe 7.

Les participants ont été sondés sur leurs attentes vis-à-vis de l'atelier. Un besoin important de méthodologie pour mieux prendre en compte les fonctions des sols dans l'aménagement du territoire est identifié. L'intérêt des participants pour comprendre quelle est la répliquabilité de la méthode à différentes échelles ainsi que son applicabilité à d'autres territoires ressort également. On perçoit ainsi un intérêt certain pour l'opérationnalité de la méthode proposée et ses perspectives d'applications concrètes sur le terrain.

Le questionnaire met en évidence que **même si beaucoup de collectivités commandent des données sur les « sols », peu s'en servent comme un véritable outil d'aide à la décision**. Il ressort ainsi un intérêt du projet MUSE pour mieux utiliser ou compléter les données sur les sols, dans le cadre de l'élaboration d'un PLU(i).

S'agissant de l'approche cartographique proposée, la majorité des personnes interrogées comprennent l'intérêt d'utiliser des cartes caractérisant la multifonctionnalité des sols dans les documents de planification. Cependant, afin de se les approprier plus facilement, elles auraient **besoin que ces cartes soient déclinées sous la forme de cartes d'enjeux**. Il est intéressant de noter que ce point avait déjà été soulevé lors de l'atelier réalisé avec la ville de Nantes.

Concernant les ressources à mobiliser pour prendre en compte la qualité des sols dans les documents d'urbanisme, **la majorité des répondants considère que leur collectivité manque de temps et de moyens humains** pour appliquer une approche telle que celle proposée dans le projet MUSE (Figure 15). Seules 16% des collectivités disposeraient des moyens nécessaires pour traiter la question des sols au moment du démarrage du PLUi. Aucune ne disposerait des moyens suffisants pour traiter cette question en amont de son élaboration.

Face à cette difficulté, l'intérêt de disposer des cartes issues de l'approche MUSE au début de la démarche d'élaboration du PLUi a été souligné. Pour de nombreuses collectivités, il serait crucial de mettre à disposition de telles cartes relatives aux sols sur une plateforme ouverte, afin de permettre leur prise en compte et de rendre beaucoup plus accessibles les informations sur les sols utiles à l'élaboration des PLUi.

#### Temps et moyens humains :

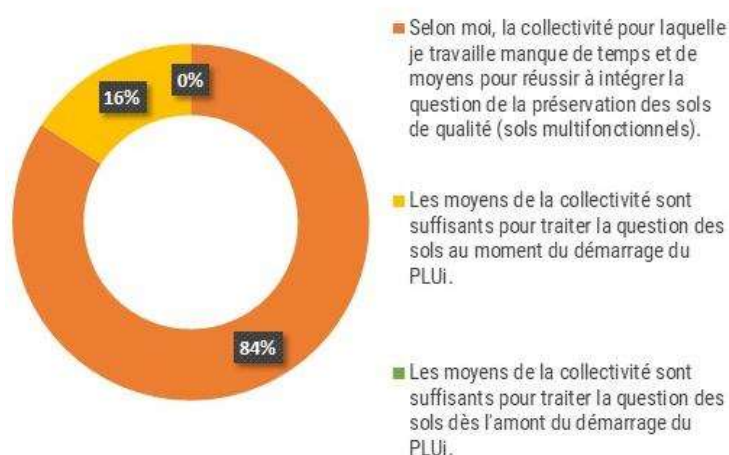


Figure 15 : Résultat du questionnaire de préparation au webinaire sur les moyens à mobiliser.

#### 4.3.2.2. Retour des participants sur les apports directs et indirects de la méthodologie MUSE

Au cours de la dernière partie de l'atelier (plus de détails annexe 12), les participants ont été amenés à répondre à plusieurs questions. Plusieurs d'entre elles ont déjà été posées aux métropoles partenaires et ces éléments ont déjà été discutés dans les résultats des ateliers auxquels elles ont participé. Les questions spécifiques à ce webinaire sont les suivantes :

##### 1 – Selon vous, quel est l'intérêt de l'approche MUSE ?

La méthodologie MUSE paraît pouvoir être utilisée de manière concrète pour quantifier les fonctions des sols sur tout le territoire, ceci même dans le milieu urbain.

La cartographie des indicateurs facilite leur interprétation et leur utilisation dans le cadre d'une démarche d'urbanisme. Cette représentation spatialisée permet de croiser et de superposer les enjeux pour les prioriser. Elle permet également d'évaluer l'impact du projet d'aménagement sur le territoire.

## 2 - En quoi l'approche MUSE peut vous aider à sensibiliser les élus et Personnes Publiques Associées ?

### -Elus et services techniques des collectivités :

Les éléments de la méthodologie MUSE permettent de communiquer avec un langage commun, d'accompagner les collectivités et de fournir des outils facilement appropriables.

### - Bureaux d'études :

Un préalable semble nécessaire à l'application de la méthode MUSE : la formation des bureaux d'études qui sont habituellement peu experts sur le sujet des « sols vivants ». Les bureaux d'étude spécialisés en cartographie des sols renforcent leurs compétences sur le périurbain mais ils ont besoin de développements méthodologiques et de données sur les propriétés des sols urbains pour les cartographier (Figure 16).



Figure 16 : Nécessité de former les bureaux d'études, dessin de Flore Vigneron (2021)

## 3 - En quoi l'approche MUSE peut vous aider à intégrer les sols dans les PLUi ?

- Au sein de l'EPCI :

MUSE donne un référentiel méthodologique utilisable en interne et qui impose une vision transversale des sols. Son utilisation permet à l'équipe en charge du PLUi de devenir plus compétente/pluridisciplinaire et d'écrire le cahier des charges de réalisation du document en intégrant la question des sols.

- Sur la programmation et les orientations :

MUSE permet d'orienter et de justifier les choix de développement de l'urbanisation ou à l'inverse les choix de protection d'espaces où les sols sont multifonctionnels, voire les choix de désimperméabilisation/renaturation.

- Pour les OAP, le zonage et le règlement :

L'approche pourrait permettre de sanctuariser les espaces présentant une multifonctionnalité optimale. Elle donne de plus des outils pour adapter les prescriptions sur les zones constructibles : coefficient de pleine terre, coefficient d'imperméabilisation... Enfin, elle permet de déterminer des zones de désimperméabilisation/renaturation prioritaires et de traduire des enjeux relatifs aux sols via les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP) : OAP Trame Verte et Bleue, OAP spécifique aux zones à urbaniser (AU) ayant un enjeu particulier, OAP relative à la perméabilité et au risque inondation...

- Sur l'évaluation environnementale et la séquence ERC :

MUSE permet de cibler/spatialiser les usages en fonction du caractère multifonctionnel des sols. Les zones sur lesquelles il faut mettre en œuvre des démarches Eviter Réduire Compenser (ERC) sont ainsi localisées (Figure 17). MUSE permet de qualifier le sol, donc en cas d'impact par un aménagement, on est en mesure de décrire cet impact, de le quantifier. La méthode s'insère ensuite dans la séquence ERC. C'est un outil pour privilégier le « éviter » grâce à la meilleure connaissance des sols. Sur la réduction et la compensation, MUSE permet de faire des propositions pertinentes, à affiner probablement avec la connaissance plus fine des secteurs à enjeux ou d'intérêt identifiés.

Enfin, un problème lié à la réglementation de l'UE est soulevé avec la crainte que celle-ci soit un frein à l'application de MUSE : dans l'évaluation des incidences sur l'environnement des projets, le sol n'est pas traité en tant que tel mais est dispersé dans d'autres enjeux tels que les risques, la protection de la biodiversité et des zones humides. L'approche agronomique n'entre pas dans ce cadre et est traitée par ailleurs dans un volet concernant la préservation de l'agriculture.



Figure 17 : Insertion de MUSE dans la séquence ERC, dessin de Flore Vigneron (2021).

## 5. Discussion : représentativité de l'analyse, intérêts & limites de l'approche MUSE et utilité pour le ZAN

L'objet de cette dernière partie est de proposer des éléments de réflexion, d'analyse critique sur les résultats présentés précédemment. Sont successivement abordés (i) l'analyse de la représentativité des collectivités consultées relativement aux enjeux de territoires qu'elles représentent ; (ii) les intérêts et limites de l'approches MUSE émanant des retours des 4 ateliers réalisés avec les collectivités ; (iii) la discussion sur l'utilité d'une approche d'indication de la multifonctionnalité des sols pour la mise en œuvre de l'objectif ZAN.

### 5.1. Représentativité des collectivités consultées

#### 5.1.1. Une majorité d'enjeux représentés par les trois métropoles partenaires

Les trois métropoles partenaires représentent des échelles et des situations très contrastées et recouvrent ensemble la majorité des classes d'enjeux de territoire définies à l'échelle nationale dans le projet MUSE - chaque classe d'enjeux correspondant à des familles de pressions appliquées aux sols (cf. livrable du projet MUSE<sup>16</sup>, partie 4.1).

Comme l'indique le tableau de l'Annexe 9, la métropole d'Aix-Marseille-Provence présente une grande diversité d'enjeux, en plus du caractère littoral très spécifique. La métropole de Châteauroux permet d'intégrer les divers niveaux d'enjeux agricoles d'un territoire en transition démographique. Celle de Nantes traduit bien les enjeux de territoires où l'eau est très présente (présence de la Loire et de zones humides) subissant une forte pression démographique.

Les enjeux liés à la pression d'urbanisation sont donc bien représentés, que l'urbanisation s'effectue au détriment d'espaces naturels protégés (cas de Métropole Aix-Marseille-Provence), agricoles (cas de Châteauroux Métropole) ou d'espaces agricoles déjà fortement peuplés (cas de Nantes Métropole). En revanche, les enjeux spécifiques aux espaces naturels et forestiers, ou ceux pouvant ressortir des espaces naturels et agricoles en zone de moyenne et de haute montagne ne sont pas intégrés.

#### 5.1.2. Une répartition inégale des types d'enjeux des collectivités consultées

<sup>16</sup> 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.

Les webinaires d'échanges sur l'approche MUSE ont regroupé plus de 65 collectivités qui représentent un total de 439 communes. Au final ce sont 523 communes qui ont été représentées lors des temps d'échanges si l'on ajoute celles qui ont participé aux ateliers d'échanges qui se sont tenus en début de projet, au moment de l'élaboration de l'approche d'indication de la multifonctionnalité des sols (Annexe 10).

Il ressort de l'analyse que les territoires les moins bien représentés dans les échanges critiques sur l'approche MUSE sont ceux qui se trouvent sous une moindre pression foncière ou démographique, à savoir les communes agricoles en déprise et celles à dominante d'espaces naturels et forestiers, avec parmi ces dernières, les communes situées en haute et moyenne montagne.

En ce qui concerne les communes en décroissance démographique, l'enjeu d'artificialisation semble moins important. L'approche MUSE peut néanmoins aider à utiliser les fonctionnalités naturelles des sols pour répondre à des enjeux d'autres politiques publiques, par exemple pour évaluer un tracé d'infrastructure de transport, l'opportunité d'installations d'éoliennes ou de fermes solaires ou encore pour la prévention de risques tels que les inondations.

Ce dernier point est encore plus crucial dans les territoires de montagne caractérisés par des usages de prairies permanentes et de forêts et des sols souvent organiques et humides, susceptibles d'assurer une fonction de puits de carbone, essentielle à l'atténuation du changement climatique. Il serait intéressant de vérifier que l'approche MUSE permet aux territoires concernés de mieux prendre en compte la qualité des sols de montagne, au travers des fonctions qu'ils rendent.

S'agissant des espaces forestiers, Châteauroux Métropole a signalé que l'approche MUSE mettait en lumière des indices de fonctions qui ne correspondaient pas à leur perception de la qualité des sols forestiers, notamment pour l'indice de biodiversité. Cette observation mériterait d'être confrontée avec d'autres territoires forestiers.

#### **Une approche peu discutée pour les territoires à dominante forestière et les territoires de montagne**

Les territoires de montagne et ceux à dominante forestière présentent des enjeux spécifiques sur les sols qui n'ont pas pu être discutés lors des échanges avec les collectivités, du fait du choix des métropoles partenaires et de la répartition des collectivités qui ont participé aux échanges dédiés à l'analyse critique de l'approche. Ils font souvent l'objet *d'a priori* sur la bonne qualité de leurs sols. Il aurait été intéressant de vérifier l'adéquation entre ces ressentis, parfois empreints d'idées reçues sur les écosystèmes concernés et les valeurs d'indices de fonctions des sols obtenues par l'approche MUSE.

## **5.2. Intérêts et limites identifiés de l'approche MUSE**

Dans le temps imparti pour le projet MUSE, il n'a pas été possible d'accompagner les collectivités partenaires dans toutes les étapes de l'élaboration de leur PLUi. Les membres du consortium n'ont pas pu intégrer les collectivités au projet en amont, les démarches d'élaboration des PLUi étaient déjà lancées. Or, le besoin d'intégrer une telle méthode dès l'amont du PLUi est remarqué dans l'ensemble des ateliers.

### **5.2.1. Utilité des cartes mais besoin de connaître dès l'étape du SCoT**

Pour les collectivités partenaires, intégrer des cartes sur les sols dans le SCoT permet d'identifier des zones où l'enjeu concernant la qualité des sols est important. Ces informations pourront être reprises dans le diagnostic du PLUi. De même durant l'atelier final, un participant évoque le fait qu'il faudrait que l'ensemble ou une grande partie des enjeux liés aux sols soient identifiés en amont de l'élaboration du PLUi afin de renforcer leur prise en compte dans l'arbitrage entre l'ensemble des enjeux du territoire (au-delà des sols) En effet, comme l'ont souligné les représentant de la Métropole Aix-Marseille-Provence, insérer des cartes de multifonctionnalité des sols dans le SCoT serait plus efficace pour assurer l'intégration de l'enjeu sol par les élus. Cela rendrait obligatoire la prise en compte de l'enjeu sol dans le PLUi. Il serait donc très intéressant de disposer de cartes sur les sols qui soient mobilisables aux échelles du SCoT et/ou du SRADDET.

Enfin, il ressort des échanges de l'atelier final que l'approche MUSE serait davantage adaptée à une échelle supra EPCI, au regard du coût des analyses complémentaires de sol à mener pour travailler à plus fine échelle. Il est suggéré que ce type d'études de sol soit fourni dans le porter-à-connaissance de l'Etat au niveau des SCoT.

Un besoin d'accompagnement sur l'intégration de l'enjeu « sol » dès l'amont du PLUi est également soulevé de la part des collectivités partenaires. C'est notamment le cas de la Métropole Aix-Marseille-Provence qui se sent démunie en matière d'ingénierie territoriale pour intégrer correctement la question des sols dans son aménagement. Selon la représentante de la collectivité, depuis sa construction en 2016 et notamment en raison de sa taille extrêmement importante, la métropole manque de d'articulation et d'échanges entre les différents services. L'intégration de la méthode MUSE est moins avancée dans ce territoire qu'à Nantes Métropole et Châteauroux Métropole. La représentante de la Métropole Aix-Marseille-Provence souligne que le territoire se trouve plus à une étape de sensibilisation des élus à l'approche MUSE qu'à une étape d'appropriation de la méthode. Ainsi, il semble difficile d'intégrer la méthode MUSE qui porte sur un sujet très transversal dans un territoire aussi vaste et complexe. La métropole comporte actuellement plusieurs SCoT et est en train de se structurer pour n'en créer qu'un seul d'ici 2024. Ainsi, peut-être qu'il serait intéressant de travailler de manière plus étroite avec un des EPCI du territoire en train d'élaborer son PLUi. Ceci pourrait permettre une appropriation plus facile de l'approche MUSE grâce à un nombre réduit d'acteurs et pourrait constituer une première acculturation à la méthode afin qu'elle se diffuse efficacement dans l'ensemble de la métropole.

### **5.2.2. Intérêts et conséquences de la recherche d'une approche générique**

L'ambition du projet MUSE était de mettre au point une approche permettant d'intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme qui soit applicable à tous les territoires de la France métropolitaine. Cette recherche de généralité est légitime car limiter l'artificialisation des sols qualitatifs est un enjeu qui concerne l'ensemble du territoire national. Cependant, cette volonté de généralisation entraîne diverses conséquences qui constituent aussi des limites de l'approche MUSE.

Produire des cartes sur l'ensemble du territoire suppose de devoir se baser sur des données disponibles partout. Or, les données disponibles sur l'ensemble du territoire français sont des données au 1/250 000ème. On aboutit donc à des cartes dont l'utilisation semble plus adaptée à une utilisation à l'échelle du SCoT et du SRADDET qu'à celle du PLUi qui requiert une échelle de l'ordre du 1/5 000ème. On remarque une forme d'inadéquation entre les objectifs de départ du projet et les résultats finaux illustrée par l'atelier conduit à Nantes Métropole.

À Nantes, les personnes associées au projet MUSE se sont appropriées la méthode et expriment l'envie d'intégrer des données locales de résolutions plus fines pour voir si la méthode apporte des éléments d'aide à la décision. Il est toutefois important de noter que parmi les 3 métropoles partenaires du projet, Nantes constitue celle qui est le plus en avance sur l'enjeu de préservation de la multifonctionnalité des sols. En effet, plusieurs travaux de recherche ont été menés sur ce territoire. Grâce à la forte sensibilisation des élus et des techniciens sur la question du sol, les échanges avec Nantes Métropoles sont ainsi facilités.

Le territoire a notamment fait l'objet d'un travail de fin d'étude réalisé au sein du BRGM par Tom Leroi (ENTPE) : « Intégrer la multifonctionnalité des sols dans la planification urbaine, application sur le territoire de Nantes Métropole » (2019). Pour réaliser ce travail, Tom Leroi a mobilisé des données lui ayant permis de produire des cartes sur les fonctions des sols dont l'échelle est plus fine que celle des cartes finales présentées durant l'atelier. Bien que les représentants de la métropole aient compris quelles sont les raisons à cela, on remarque une légère inadéquation entre la façon dont la méthode a été présentée et les attentes de la métropole vis-à-vis des échelles de rendu. Les représentants du territoire s'étaient en effet largement appropriés l'approche MUSE en amont de l'atelier et étaient déjà prêts à échanger pour remobiliser la méthode grâce à des données plus fines. Ainsi, au moment de la présentation de la méthode en début d'atelier, il aurait pu être intéressant d'anticiper ceci en leur proposant directement un accompagnement pour mobiliser la méthode avec une résolution plus fine. Ce travail est maintenant en cours, plusieurs réunions entre les membres du consortium MUSE et les représentants de Nantes Métropole ont été organisées depuis le dernier atelier. L'objectif est que Nantes Métropole soit ensuite en capacité de reproduire la méthode avec des données de résolution plus fine.

### **5.2.3. Limite liée à l'absence d'une indication de la pollution des sols**

Une autre conséquence de la recherche de généralité est le manque de volet pollution, remarqué lors des ateliers. Dans les pratiques actuelles, la pollution est peu prise en compte à l'échelle de la planification. Pourtant, les échanges avec les collectivités ont montré qu'elles étaient sensibilisées au fait que la pollution peut, potentiellement, empêcher le sol de remplir toutes ses fonctions. Le choix a été fait dans le cadre du projet MUSE d'écarter les paramètres anthropiques tels que la pollution car ils nécessitent des études spécifiques difficiles à réaliser à l'échelle du PLUi. Pour prendre en compte la pollution des sols, il faut s'appuyer sur des données qui n'existent pas pour l'ensemble des territoires. La connaissance des pollutions nécessite d'être précisée : sources (potentielles) de pollutions liées aux activités humaines (via notamment des inventaires historiques urbains pour spatialiser les anciens sites industriels et de service), à certains remblais, zones de

dispersion ; une bancarisation des données d'analyses de sols urbains est en cours dans la base de données BDSolU<sup>17</sup>.

#### **Vers un complément d'indication du risque de pollution du sol pour la métropole de Nantes :**

En parallèle du projet MUSE, le territoire de la métropole de Nantes a fait l'objet d'un travail de fin d'étude réalisé au sein du BRGM par Tom Leroi (ENTPE, 2019). Ce travail a mobilisé des données acquises au préalable par la collectivité avec une résolution spatiale plus fine que celle des cartes finales du projet MUSE. Cela a permis de proposer un indicateur de risque potentiel de pollution du sol qu'il reste à confronter avec la connaissance de la réalité du terrain, sachant qu'une telle confrontation reste difficile à envisager pour la majorité des territoires français, faute de données d'analyses de sols. Ce travail sur la définition d'un indicateur de pollution se poursuit actuellement dans le cadre du projet Désiville (2021-2023)

#### **5.2.4. Limites de déploiement de la méthode pour les territoires ruraux**

Les 3 territoires partenaires du projet MUSE sont des métropoles et disposent donc d'importants moyens humains et matériels. Pour des collectivités importantes comme celles-ci, il n'y pas de difficultés majeures pour expérimenter des méthodes de recherche telles que MUSE. L'ambition du projet est que l'approche MUSE puisse se généraliser à l'échelle du territoire national. Cependant, la méthode n'a pas été expérimentée dans des territoires ruraux qui disposeraient de moins de moyens.

À ce sujet, l'atelier ayant eu lieu avec Châteauroux est très intéressant bien que les moyens dont disposent la collectivité soient importants. Châteauroux Métropole est une agglomération de taille moyenne où le nombre d'habitants est largement inférieur à celui des autres territoires partenaires. C'est le seul des territoires partenaires à dominante agricole selon la typologie établie dans le cadre du projet MUSE. Le système d'acteurs travaillant au sein de la métropole est de même plus réduit et moins complexe que celui d'un territoire tel que la Métropole Aix-Marseille-Provence. Ainsi, il semble que les conditions d'échanges entre élus et techniciens soient facilitées grâce à un nombre réduit d'intermédiaires. Ceci explique probablement pourquoi la personne représentant Châteauroux Métropole, responsable du service de planification, est très à même de comprendre quels sont pour les élus les éventuels freins à l'appropriation de la méthode. Les remarques soulevées lors de l'atelier à ce sujet sont en effet nombreuses et très pertinentes en vue de la généralisation de la méthode. Lorsque l'agglomération aura eu le temps d'expérimenter la méthode sur son territoire, il pourrait être intéressant de mener des entretiens complémentaires auprès des élus et des personnes travaillant sur la planification territoriale ou sur les enjeux liés au sol.

De plus, les représentants de Châteauroux Métropole sont capables d'identifier quels seraient les difficultés propres aux territoires ruraux dont les collectivités disposent de peu de ressources techniques. Ces collectivités n'ont par exemple pas toujours les moyens d'avoir un service SIG (Sciences de l'Information Géographique).

Les enjeux des territoires ruraux sont en effet très différents de ceux qu'on peut trouver dans des territoires tels que Nantes Métropole et Métropole Aix-Marseille-Provence (cf. Annexe 9). Comme l'ont souligné les représentants de Châteauroux lors des échanges, dans un territoire où les coûts du foncier sont faibles, la protection des zones naturelles et agricoles n'est pas l'enjeu prioritaire des élus. De plus, les habitants ont l'impression qu'il y a de la place pour construire. Il est nécessaire de sensibiliser ces territoires à d'autres modes de développement que l'artificialisation. A cette fin, il serait intéressant de mener des études complémentaires sur la mise en œuvre de l'approche MUSE dans les collectivités rurales, afin de comprendre quels sont leurs besoins spécifiques.

#### **5.2.5. Bilan des intérêts et limites de l'approche MUSE et voies d'amélioration**

Le Tableau 5 fait le bilan des intérêts et des limites souvent trouvées en corolaire, de l'approche MUSE proposée pour indiquer la multifonctionnalité des sols dans un PLU(i).

Les principales critiques qui ont été émises sur l'approche MUSE proposée portent non pas sur l'approche elle-même mais sur ses hypothèses de départ et modalités de mise en œuvre, à savoir :

---

<sup>17</sup> [www.bdsolu.fr](http://www.bdsolu.fr)

- L'ambition initiale d'une approche généralisable à l'ensemble de la France qui impose une faible résolution spatiale
- Le choix de se focaliser sur les fonctions naturelles sans tenir compte du facteur limitant potentiel « pollution »
- Le choix d'intégrer la multifonctionnalité des sols au niveau des PLUi
- La démarche de co-construction qui assure l'applicabilité de l'approche mais ne permet pas d'en évaluer les apports à toutes les étapes du PLUi.
- En conséquence, l'essentiel des perspectives d'amélioration ne cherchent pas à modifier l'approche. Elles visent à redéfinir certains de ses fondements, à infléchir son déploiement voire à aller élargir son champ d'application, par rapport à ce qui était initialement prévu dans le projet.

### 5.3. Intégrer la qualité des sols dans les PLUi : perspective pour le ZAN ?

#### 5.3.1. Le besoin d'accompagnement des collectivités

Les causes de l'artificialisation sont multiples. En effet, il est en général plus coûteux de reconstruire « la ville sur la ville » que d'artificialiser de nouvelles surfaces. À cela s'ajoute une préférence des Français pour le pavillon individuel ainsi que des prix très élevés dans les métropoles. Enfin, le modèle économique des collectivités repose souvent sur l'accueil de nouveaux habitants et de nouvelles entreprises. De ce fait, l'objectif ZAN suscite de fortes inquiétudes de la part des élus. De prime abord, la recherche d'une adéquation entre la qualité des sols et leur usage paraît contraignante pour les élus.

🗨 Intérêts identifiés de l'approche MUSE	🗨 Limites discutées en corolaire
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La méthodologie MUSE permet de communiquer avec un langage commun, de donner un référentiel méthodologique utilisable en interne et qui impose une vision transversale des sols.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un préalable semble nécessaire à l'application de la méthode MUSE : la formation des bureaux d'études missionnés sur les PLUi, qui sont habituellement peu experts sur le sujet des « sols vivants ».</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche intégrée améliore la connaissance sur les sols en dépassant le « potentiel agronomique », ce qui oblige à aborder la question des sols en décloisonnant les thématiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les nouveaux indicateurs nécessitent de la pédagogie avant de pouvoir être utilisés par les élus. Les résultats en l'état ne peuvent que difficilement aider la décision.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les cartes des fonctions naturelles aident à intégrer les enjeux liés aux sols et à balayer des idées reçues sur les sols les plus fonctionnels (prairies, forêts...)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il est préférable de traduire les cartes de fonctions en cartes d'enjeux pour les intégrer aux réflexions lors de l'élaboration du PLUi.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La carte de multifonctionnalité, complétée par les cartes de fonction permet de bien analyser les apports des sols face aux enjeux spécifiques du territoire. Au-delà de la planification, cela peut aider à l'identification de zones d'opportunité pour d'autres politiques publiques (Ex. installation de fermes solaires).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La carte de multifonctionnalité seule risque d'être utilisée par les élus sans établir de liens entre les fonctions des sols et les enjeux spécifiques du territoire. Cela pourrait conduire à condamner certains sols dont les fonctions répondent bien à ces enjeux mais qui n'obtiennent pas un indice élevé de multifonctionnalité.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche proposée pour caractériser la capacité des sols urbains à exercer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il est dommage que la question de la pollution ne soit pas prise en compte, en</li> </ul>

<p>tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel est directement applicable pour retrouver des espaces agricoles en milieu urbain</p>	<p>particulier pour mieux cibler le potentiel de fonctionnalité des sols en milieu urbain</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche est <i>a priori</i> déployable à façon, avec des données plus précises et des pondérations adaptées aux enjeux de territoire. Elle aide à mieux utiliser les données existantes sur les sols ou à mieux identifier les données à compléter.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'approche reste complexe et demande du temps, des moyens humains et des compétences de cartographie numérique. Elle est sans doute difficile à mettre en œuvre dans les petites collectivités.</li> </ul>

Tableau 5 : Bilan des intérêts et limites de l'approche MUSE discutés lors des échanges avec les collectivités.

En plus des nouvelles contraintes engendrées par l'objectif ZAN, l'évaluation de la multifonctionnalité des sols peut remettre en cause des orientations du PLU et de fait certains projets d'aménagement<sup>18</sup>. Ainsi, en l'absence de réglementation, l'utilisation de l'approche proposée demeure liée à un engagement local fort. En ce sens, l'apport du projet SolU3cion concernant l'accompagnement des collectivités est essentiel. En présentant aux élus un outil transversal d'aide à la décision sur les sols de leurs territoires, les projets MUSE et SolU3cion sont des outils pour mettre en œuvre le ZAN (Figure 18). Cependant, lors des ateliers, les collectivités expriment leur besoin de continuer à être accompagnées pour appliquer la méthode. De même, elles soulignent le fait qu'il est nécessaire de continuer à sensibiliser les élus à la préservation des sols. Ainsi, pour que la méthode soit efficace pour mettre en œuvre le ZAN en maintenant un objectif complémentaire de préservation de la multifonctionnalité des sols, il est essentiel de prévoir l'accompagnement des collectivités.



Figure 18 : Lien entre la méthode MUSE et le ZAN, dessin de Flore Vigneron (2021).

### 5.3.2. La question de la territorialisation : quelle échelle adopter ?

D'après les réactions recueillies lors des 2 webinaires organisés en 2021 pour le projet SolU3cion, il apparaît que les élus réagissent exclusivement à la limitation quantitative de l'artificialisation introduite par l'objectif ZAN. L'application de la même règle de façon uniforme est vécue comme une injustice. Comme le souligne Sylvain Robert, maire de Lens : « Cela pénaliserait les territoires vertueux déjà engagés dans une démarche de préservation des espaces naturels et agricoles ». Ainsi, les acteurs réclament une certaine territorialisation de l'effort, relevant que l'on ne peut pas appliquer un rythme identique à toutes les communes. Ceci pose la question de l'échelle à laquelle doit s'appliquer l'objectif ZAN. Doit-il être mis en œuvre à chaque sous-découpage administratif ? Est-il pertinent de mettre en place une forme de solidarité entre les territoires ?

À ce sujet, l'échelle retenue dans le projet MUSE, à savoir le PLU(i), permet de mettre en cohérence les enjeux du territoire avec l'utilisation prévue du sol à travers le zonage. De plus, la plupart des PLU(i) doivent intégrer une évaluation environnementale comprenant un état initial de l'environnement. La multifonctionnalité des sols est un élément important de la qualité environnementale initiale. L'échelle du PLU(i) ne serait-elle pas également adaptée pour mettre en œuvre le ZAN ? Le PLU(i) est en effet l'outil adéquat pour penser une planification durable, en adéquation avec les besoins et les ressources d'une ou de plusieurs communes qui ne partagent pas toujours les mêmes problématiques. Les PLU(i) sont à même de porter des exigences en matière de pleine terre et de végétalisation par exemple, non seulement pour le maintien de l'existant mais aussi dans une perspective

<sup>18</sup> "Intégrer la multifonctionnalité des sols dans la planification urbaine", travail de fin d'étude de Tom Leroi, 2019

d'amélioration : renaturation des sols, augmentation de la densité végétale... Des bonus de constructibilité peuvent aussi encourager les projets vertueux. Enfin, il semble que le PLU(i) puisse intégrer les mesures de compensation. Ainsi, par sa force prescriptive, le PLU(i) semble être un outil adéquat pour lutter contre la consommation d'espace et intégrer la multifonctionnalité des sols lors de la planification.

### 5.3.3. Objectif ZAN et MUSE : une traduction réglementaire et juridique à construire

L'absence de méthodes partagées de caractérisation de l'artificialisation et d'indicateurs associés font l'objet d'inquiétudes de la part des porteurs de SCoT et PLU(i)<sup>19</sup>. À l'heure actuelle, le ZAN ne comporte pas de transcription réglementaire. Les régions intègrent progressivement le ZAN dans leurs schémas de planification, les SRADDET. Cependant, ceux-ci ne sont le plus souvent pas chiffrés, donc peu engageants. Par ailleurs, la loi Elan introduite en 2018 incite à combler les dents creuses. Certes, elle participe ainsi à la limitation de l'étalement urbain, mais encourage tout de même l'artificialisation.

Le sol n'existe pas vraiment en termes juridiques. Le code de l'environnement ne le reconnaît pas au titre des milieux physiques comme il le fait pour l'eau ou l'air. Sa valeur d'usage n'est ainsi pas reconnue. Ainsi, sans considération juridique du sol, la notion d'artificialisation reste encore très floue. On comprend alors pleinement l'intérêt de prendre en compte la qualité des sols dans les documents d'urbanisme comme le propose le projet MUSE.

La méthode est fondée sur des cartes d'indicateurs de multifonctionnalité des sols. Il semble que ces dernières seraient également des outils pertinents pour évaluer l'artificialisation des sols. Elles proposent des indicateurs adéquats : un sol qui perd tout ou partie de sa multifonctionnalité est un sol artificialisé. Les outils et indicateurs développés par MUSE semblent donc être également des supports adaptés pour mettre en œuvre l'objectif ZAN. De plus, au-delà de l'objectif d'artificialiser moins, l'objet du projet MUSE est « d'artificialiser différemment », en protégeant les sols de grande qualité. Si on ne peut pas éviter l'artificialisation, il s'agit alors de choisir les zones à artificialiser en fonction des enjeux et des fonctions initiales des sols. Par exemple, concernant la gestion des eaux pluviales, il est indispensable de prêter attention aux espaces que l'on choisit d'artificialiser. En effet, préserver les sols ayant pour fonction une bonne capacité d'infiltration permet de prévenir du risque d'inondation.

Il reste donc à établir un lien juridique entre les documents de planification et l'objectif ZAN, pour lequel la méthodologie MUSE est un outil de mise en œuvre efficace.

---

19 Atelier webinaire ZAN et projet MUSE mené par le Cerema, janvier 2021

## 6. Conclusion

---

L'ambition de ce travail était de rendre compte de l'appropriation de la méthode MUSE auprès des trois territoires partenaires mais aussi d'apporter une réflexion en vue de l'amélioration de l'approche.

Le travail de co-construction mené durant le projet de recherche MUSE s'est révélé efficace : l'ensemble des collectivités perçoit la méthode MUSE comme un outil à même de faire évoluer les pratiques pour tendre vers une meilleure prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme. L'intérêt de l'approche pour quantifier les fonctions des sols des territoires et approcher la qualité des sols dans une vision fonctionnelle, même en milieu urbain, est largement partagé. Si les cartes produites sont en l'état d'avantage adaptées à une échelle supra EPCI, leurs apports pour une utilisation dans d'autres documents d'urbanisme tels que le SCoT ou le SRADDET sont généralement remarqués.

Les collectivités témoignent d'une volonté de se réapproprier la méthode afin de s'en saisir comme outil d'aide à la décision à l'échelle du PLUi. Il ressort également des ateliers que la méthode MUSE permet de renforcer l'évaluation environnementale et de faire des propositions pertinentes dans le cadre de la mise en œuvre de la démarche Eviter-Réduire-Compenser. Elle fournit également des indicateurs utiles pour d'autres thématiques : la méthode pourrait par exemple servir à repérer des terrains dont les sols sont de faible fonctionnalité afin d'installer des fermes solaires. La méthode MUSE apparaît donc comme un outil permettant de mieux prendre en compte les sols dans l'aménagement des territoires et ce à diverses échelles, y-compris celle des projets d'aménagement de quartiers.

Il semble que des études supplémentaires pourraient toutefois être menées pour s'assurer que la méthode soit réellement applicable à l'ensemble des territoires français. Il serait intéressant de conduire des ateliers avec des territoires ruraux notamment, pour lesquels des questions relatives à l'ingénierie disponible, aux coûts, à la possibilité d'acquérir des données supplémentaires peuvent se poser. Il serait également intéressant d'appliquer la méthodologie à un territoire de montagne présentant d'importants espaces naturels à protéger.

Les démarches scientifiques et techniques de caractérisation de la multifonctionnalité des sols proposée dans le projet MUSE apparaissent complémentaires avec la mise en œuvre du ZAN. À l'heure actuelle, le ZAN propose majoritairement des mesures quantitatives : artificialiser moins dans un objectif de sobriété foncière. L'objet du projet MUSE est de déterminer quels sont les sols qu'il faudrait absolument préserver pour les réponses qu'ils apportent aux enjeux du territoire. L'approche proposée est donc davantage qualitative. Au-delà de l'objectif de consommer moins d'espaces, le projet MUSE permettrait donc de répondre à la question suivante : « Où et comment est-ce acceptable d'artificialiser de nouveaux espaces tout en répondant aux besoins et aux enjeux futurs des territoires ? ». Concilier ces deux démarches pourrait être un levier pour atteindre l'objectif commun : artificialiser peu et différemment en préservant les fonctionnalités des sols existants – Vers une vision des sols comme milieux vivants, complexes et fragiles qui constituent l'un de nos patrimoines communs et l'un des principaux leviers de l'adaptation et de la résilience de nos territoires face aux aléas, au déclin de la biodiversité et au changement climatique.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

Les références bibliographiques utilisées ont été indiquées au fil de leur utilisation en note de bas de page.

# INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

## Tableaux

Tableau 1 : Tableau synthétique des travaux utilisés (*) et produits dans le cadre des projets MUSE et SolU3cion. ....	16
Tableau 2 : Ateliers organisés au démarrage du projet SOLUC3ion afin de discuter des pratiques d'intégration des sols et d'utilisation des données sur les sols dans les démarches d'urbanisme. ....	16
Tableau 3 : Prise en compte des sols dans les différentes parties du plan local d'urbanisme (extrait de l'enquête des collectivités menée par Sofyane Lamari, 2018). En jaune les parties qui abordent la question des sols dans les documents d'urbanisme analysés. ....	23
Tableau 4 : Grille de notation des services écosystémiques rendus par les sols, extrait du mémoire de stage de Clémence Gazonneau (2019). La note 1 indique une faible considération, la note 5 une considération importante, avec en rouge les notes les plus élevées obtenues par les services et en bleu les faibles notes. ....	25
Tableau 5 : Bilan des intérêts et limites de l'approche MUSE discutés lors des échanges avec les collectivités. ....	41

## Figures

Figure 1 : Un changement de paradigme nécessaire, dessin de Matthieu Ughetti (2019) Source : <a href="http://www.cerema.fr/fr/actualites/super-pouvoirs-sols-bd">www.cerema.fr/fr/actualites/super-pouvoirs-sols-bd</a> .....	10
Figure 2 : Les fonctions des sols, dessin de Flore Vigneron (2021) issu du webinaire du 29 janvier 2021 « L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme » .....	12
Figure 3 : Carte de multifonctionnalité des sols de la Métropole Aix-Marseille-Provence Source : projet MUSE.....	13
Figure 4 : Principe de la « Pleine-Terre », dessin de Flore Vigneron (2021). ....	14
Figure 5 : Cartographie des EPCI consultés au cours des projets MUSE et SolUC3ion et des travaux de thèses utilisés dans la synthèse du projet SolU3Cion.....	16
Figure 6 : Densité des occurrences de « sol-surface » et « sol-ressource » dans les 15 PLU étudiés par Anne Blanchart (2018). ....	22
Figure 7 : Dans quelle(s) partie(s) du document d'urbanisme les études sont-elles utilisées ? (Enquête collectivités, extrait du rapport d'étude de Sofyane Lamari). 53% des études sont utilisées pour alimenter le diagnostic territorial, 40% l'état initial de l'environnement. ....	23
Figure 8 : Réponse à l'une des questions de l'enquête menée par Sofyane Lamari (2018). ....	24
Figure 9 : Note de considération portée au sol comme ressource attribuée par chaque acteur ayant répondu au sondage en ligne (extrait de la thèse d'Anne Blanchart, 2018). ....	25
Figure 10 : La question des sols est-elle intégrée dans le cahier des charges du document d'urbanisme (enquête collectivités, rapport d'étude de Sofyane Lamari, 2018). ....	26
Figure 11 : Les raisons pour lesquelles des études ne sont pas réalisées (enquête chambres d'agriculture), extrait du rapport d'étude de Sofyane Lamari. ....	27
Figure 12 : Schéma des acteurs à mobiliser tout au long du processus d'élaboration du PLUi. (les différentes étapes et leur succession temporelle sont identifiés par les chiffres de 1 à 4). Source : stage Emma Duplanil, 2021. ....	29
Figure 13 : Schéma d'intégration de l'approche MUSE dans le processus d'élaboration du PLUi. En bleu, les apports directs de la méthode et en orange les apports indirects. Source : Emma Duplanil, 2021.....	30
Figure 14 : Bloc diagramme illustrant schématiquement les territoires de Nantes Métropole, Châteauroux Métropole et de la métropole d'Aix-Marseille-Provence, Source étudiants du master STRATAM, avril 2020. ....	31
Figure 15 : Résultat du questionnaire de préparation au webinaire sur les moyens à mobiliser. ....	34
Figure 16 : Nécessité de former les bureaux d'études, dessin de Flore Vigneron (2021) .....	35
Figure 17 : Insertion de MUSE dans la séquence ERC, dessin de Flore Vigneron (2021). ....	36
Figure 18 : Lien entre la méthode MUSE et le ZAN, dessin de Flore Vigneron (2021). ....	41

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : PRESENTATION SYNTHETIQUE DES METROPOLES PARTENAIRES DU PROJET

### Nantes métropole

535 km<sup>2</sup> - 646 522 habitants (2017) – 24 communes  
Forte présence de territoires agricoles (51% du territoire)  
40% du territoire artificialisé

#### ENJEUX FORTS :

- l'eau, présence du fleuve et de zones humides
- préserver les sols naturels de la ville (espaces boisés, protégés)

#### Engagement dans le projet MUSE :

Intégration dans le projet de l'IRSTV depuis 2017 impliquant entre autres le BRGM et l'université Gustav Eiffel et réalisation d'un stage de fin d'étude :

*"Intégrer la multifonctionnalité des sols dans la planification urbaine"*, travail de fin d'étude de Tom Leroi (ENTPE), 2019



NANTES

### Châteauroux métropole

538 km<sup>2</sup> - 73 617 habitants (2016) - 14 communes  
Forte présence de territoires agricoles (67% du territoire)  
9% du territoire artificialisé

#### ENJEUX FORT :

- préserver les potentiels agronomiques des sols
- évaluer l'impact et enrailler la transition des prairies en grandes cultures qui ont des impacts sur les enjeux du territoire (exemple stockage carbone)
- garantir la bonne gestion qualitative et quantitative de l'eau

#### Engagement dans le projet MUSE :

Implication depuis le début du projet de la Chambre d'Agriculture de l'Indre qui collecte alors des données sols depuis plusieurs années.



CHATEAURoux

### Métropole Aix-Marseille Provence

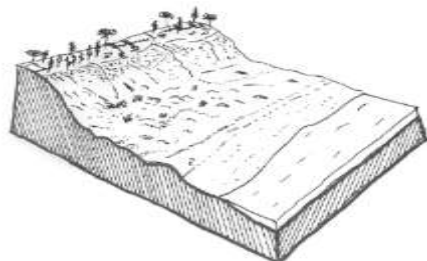
3173 km<sup>2</sup> - 1 805 600 habitants (2018) - 92 communes (3 départements)  
Très vaste territoire : plusieurs PLU  
Forte présence de forêts et de milieux naturels (48% du territoire)  
¼ du territoire artificialisé

#### ENJEUX FORTS :

- le littoral et ses contraintes (loi Littoral etc.)
- qualifier les sols « malades » des friches urbaines, préserver la richesse et la diversité de fertilité

#### Engagement dans le projet MUSE :

Terrain de recherche depuis le début du projet de l'université d'Aix-Marseille, réalisation d'une thèse : « Evaluation de la qualité



MARSEILLE

des sols et changements en zone urbaine dans une ville méditerranéenne (Marseille, France) », Jesus Diaz Sanz, 2021

*Illustrations réalisées par des étudiants du master STRATAM, encadrés par le Cerema, avril 2020*

## ANNEXE 2 : TYPES DE DOCUMENTS D'URBANISME ANALYSES ET METHODE D'ANALYSE UTILISEE

Travaux réalisés par	Nombre et type de documents analysés	Méthode d'analyses
Clémence Gazonneau	1 PLUi (Châteauroux)	Analyse générale sur tout ce qui touche aux sols (dans les différentes composantes du PLUi)
Sofyane Lamari	6 PLUi, 1 PLU, 4 SCoT	Analyse générale selon le prisme des grandes thématiques liées au sol
Groupe MASTER STRATAM	4 PLUi (Nantes, Marseille, Châteauroux & Poitiers)	Analyse générale selon le prisme des grandes thématiques liées au sol
Anne Blanchart	15 PLU, 15 SCoT, 15 plans de déplacements urbains (PDU),  15 plans locaux de l'habitat (PLH), 15 schémas régionaux climat air énergie (SRCAE), 15 schémas régionaux de cohérence écologique (SRCE), 15 schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE)	Analyses lexicales quantitative (logiciel d'analyse sémantique) et qualitative (lecture et étude des documents) intégrant la considération des sols dans les documents de planification
Yannick Poyat	3 PLUi, 1 PLU, 3 SCoT, 5 PLH, 3 PDU, 3 projets de territoires, 3 Contrats de développement territorial (CDT), 2 plans locaux de déplacements (PLD), 2 Agenda 21, 1 projet d'agglomération, 4 SRCE et le schéma directeur de la Région Ile-de-France	Analyse générale en termes de description géographique physique (limites spatiales, occupation du sol, patrimoine paysager et écologique, contexte pédologique, contraintes environnementales) et spatiale (pressions démographique et urbaine, contexte économique).
Jesús Díaz-Sanz	2 PLU, 1 PLUi, 1 PLUm, 1 PLH, 1 Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles (PPRN)	Analyse qualitative par grille thématique, étude de la considération du mot sol dans les documents d'urbanisme

## ANNEXE 3 : ACTEURS CONSULTES, NOMBRE ET MODE DE CONSULTATION UTILISE

Réalisé par	Type d'acteurs consulté	Nombre d'acteurs	Type de consultation	
Clémence Gazonneau	Technicien de collectivités ou expert	7	Entretiens en présentiel semi-directifs, sondages notés	
	Élu	10		
	Personne Publique Associée (PPA) : DDT, ARS et association de protection de l'environnement	4	Entretiens en présentiel semi-directifs	
	Chambre d'agriculture	2		
	Bureau d'études en urbanisme	1		
Autre élu (pas directement concerné par l'élaboration de PLU)	2			
Olivier Trigo	Collectivité	7	Entretiens semi-directifs	téléphoniques
	Bureau d'étude	2		
	Agence d'urbanisme	2		
	Chercheuse en sociologie et géographie	1		
	Parc Naturel Régional	1		
	Représentant du ministère wallon de l'agriculture	1		
Sofyane Lamari	Collectivité	45	Questionnaires	
	Chambre d'agriculture	25		
	Collectivité	5	Entretiens semi-directifs	téléphoniques
Anne Blanchart	Société d'aménagement	7	Entretiens semis-directifs	
	Maître d'ouvrage	8		
	Maître d'œuvre	5		
	Acteur du BTP	3		
	Acteur opérationnel de l'urbanisme	75	Sondage du degré de considération du sol en tant que « ressource »	
Yannick Poyat	Elu	20	Entretiens semi-directifs	
	Chambre d'agriculture			
	CDPENAF			
Jesús Díaz-Sanz	Agence d'urbanisme	2	Entretiens semi-directifs	
	Collectivité (Métropole Aix Marseille Provence)	11		

## ANNEXE 4 : DETAILS SUR LES METHODES DE CONSULTATION DES DIVERS ACTEURS

---

### Entretiens semi-directifs :

Les entretiens de type semi-directifs s'appuient sur des thèmes de référence afin de conserver un fil conducteur à la discussion mais permettent aux interrogés de répondre librement avec les mots qu'ils souhaitent sans être trop influencés par des questions fermées. Les thèmes évoqués dans l'ensemble des grilles d'entretien préparées dans le cadre des différents travaux se recoupent et s'articulent sur les sujets suivants :

- Définition du mot « sol », de son rôle et de la notion de qualité des sols
- Perception/considération du sol urbain en tant que ressource
- Manière dont est pensé le développement territorial et prise en compte du sol dans la construction du projet urbain
- Freins et leviers à l'utilisation des sols dans les démarches de planification
- Enjeux rattachés à la préservation des sols et outils et modes de gestion des sols sur le territoire

### Questionnaires d'enquête et sondages :

Deux types de questionnaires d'enquêtes et de sondages en ligne ont été menés en parallèle sur un panel différent d'acteurs :

1. Dans le premier type, il a été demandé aux interrogés de donner une note, à un service écosystémique rendu par les sols, choisi dans une liste, selon l'importance qu'ils lui attribuaient.
2. Le deuxième type de sondage consistait en une analyse des résultats et une notation en fonction des réponses données sur le degré de considération du sol en tant que « ressource ».

## ANNEXE 5 : QUESTIONNAIRE DE PREPARATION DES ATELIERS AUPRES DES 3 METROPOLES PARTENAIRES

---

### QUESTIONS RELATIVES À L'APPROPRIATION DES OUTILS TECHNIQUES

- *Disposez-vous de suffisamment de données « sols » sur votre territoire pour pouvoir construire une carte de multifonctionnalité des sols selon la méthodologie proposée dans MUSE ?*
- *Les échelles auxquelles ces données sont disponibles sont-elles appropriées ? Si non, pourquoi ?*
- *Rencontrez-vous des difficultés liées au fait que les données soient parfois d'échelles différentes ?*
- *Quelles sont selon vous les limites concernant l'acquisition et l'exploitation de ces données ? Comment la méthode MUSE pourrait-elle être améliorée afin d'exploiter encore mieux les données « sols » ? Grâce à quels outils ou moyens ?*
- *Selon vous, pour quelles problématiques les données « sols » incarnent-elles donc une aide à la décision (gestion des risques, démarches ERC...) ?*
- *Comprenez-vous l'intérêt d'adopter une démarche directe ou indirecte en fonction de la disponibilité des données (différence entre milieu urbain et milieu rural) ?*
- *Grâce à l'approche différenciée ainsi proposée, la méthode est-elle selon vous aussi bien efficace en milieu urbain qu'en milieu rural ?*
- *En milieu urbain, estimez-vous que la méthode qui s'appuie sur la notion de pleine terre, est efficace pour préserver les sols urbains et la nature en ville ?*
- *Estimez-vous que vous parvenez à vous approprier les indicateurs proposés par la méthode MUSE ? Quelles sont les difficultés rencontrées ? Que vous apportent-ils de nouveau ?*
- *Parvenez-vous à vous approprier facilement les outils cartographiques produits sur les fonctions des sols ? Ces outils sont-ils à vos yeux des supports adaptés pour une meilleure prise en compte de la qualité des sols à l'échelle du PLUi ? Rencontrez-vous des difficultés ? Les cartes apportent-elle des éléments complémentaires à ce dont vous disposiez jusqu'à présent ?*
- *À quelle(s) étape(s) de votre démarche de PLUi pensez-vous pouvoir utiliser les cartes des fonctions des sols ?*
- *À quelle(s) orientation(s) de votre projet de territoire l'utilisation de ces cartes pourrait-elle répondre ?*

### QUESTIONS RELATIVES À LA CONSTRUCTION DE LA METHODE

- *Pour réaliser le lien entre fonctions des sols et enjeux propres à chaque territoire, chaque fonction peut recevoir un coefficient pondérateur. Cet outil de pondération vous semble-t-il pertinent pour adapter au mieux la méthode en fonction de la hiérarchie des enjeux identifiés ? Doit-il être mathématique ou au contraire évalué de manière qualitative ?*
- *Comment pensez-vous définir la pondération pour chaque fonction ? Avec qui ? Quels sont les éventuels freins à sa mise en œuvre ?*
- *À l'inverse, attendez-vous de l'application de la méthode MUSE qu'elle vous aide à mettre en œuvre l'objectif de ZAN ?*
- *Depuis votre intégration dans le projet MUSE, pensez-vous que votre vision du sol a évolué ?*
- *Estimez-vous que vous êtes davantage convaincus de la nécessité de gérer durablement les sols ?*
- *Estimez-vous que vous êtes désormais à même d'orienter l'aménagement de votre territoire en prenant en compte la ressource sol ?*

- *Comment la méthode MUSE pourrait-elle être améliorée pour être plus facilement applicable ? Grâce à quels outils ou moyens ?*
  
- QUESTIONS RELATIVES AUX MOYENS HUMAINS/MATERIELS À MOBILISER
- *Pensez-vous avoir suffisamment de temps à consacrer à la question des sols en amont du démarrage des PLUi (obtention et analyse des données) ?*
- *Les moyens dont vous disposez en matière d'ingénierie territoriale sont-ils selon vous suffisants pour prendre en compte la question du sol ?*
- *Une collaboration avec les chambres d'agriculture pour exploiter les données des sols vous semble-t-elle envisageable ? Quels seraient les freins et les limites à une telle collaboration ? Quelle autre collaboration envisageriez-vous pour exploiter les données des sols selon la méthode proposée ?*

#### Métropole Aix – Marseille

- *Selon vous, la méthode proposée par le projet MUSE constitue-t-elle un moyen efficace de préserver vos forêts et vos milieux naturels de l'artificialisation ?*
- *De même, estimez-vous qu'elle constitue un outil efficace et complémentaire aux mesures existantes concernant la protection des littoraux ?*

#### Nantes Métropole

- *Selon vous, la méthode proposée par le projet MUSE constitue-t-elle un moyen efficace de préserver vos terres agricoles de l'artificialisation ?*
- *De même, estimez-vous qu'elle constitue un outil efficace et complémentaire aux mesures existantes concernant la protection des zones humides, très nombreuses sur votre territoire ?*

#### Châteauroux Métropole

- *Selon vous, la méthode proposée par le projet MUSE constitue-t-elle un moyen efficace de préserver vos terres agricoles de l'artificialisation ?*

## ANNEXE 6 : QUESTIONNAIRE DESTINE AUX PARTICIPANTS DU WEBINAIRE FINAL (02/07/21)

---

/ Indiquer votre fonction/domaine de compétence au sein de la collectivité ou l'organisme dans lequel vous travaillez :

### */ Intégration de la qualité des sols dans vos pratiques d'aménagement*

1. **Sur la commande d'études de sol** (une seule réponse possible) :
  - o La collectivité pour laquelle je travaille ne commande pas d'études de sols.
  - o La collectivité commande des études de sols dans certains secteurs, notamment en lien avec la prévention des risques.
  - o La collectivité commande des études de sols dans de nombreux secteurs (espaces naturels, agriculture, aménagement, géotechnique...).
  - o Je ne sais pas.
  
2. **Enjeux du territoire pour lesquels la collectivité souhaite utiliser les données sols** (une seule réponse possible) :
  - o La collectivité pour laquelle je travaille ne voit pas l'intérêt d'utiliser des données sols pour les enjeux propres à son territoire.
  - o La collectivité utilise des données sols pour 1 à 3 enjeux propres à son territoire (préservation des espaces naturels et zones humides, études géotechniques ...).
  - o La collectivité utilise des données sols pour un grand nombre d'enjeux (enjeux précédents et autres enjeux tels que stockage de carbone, biodiversité, potentiel agronomique...).
  - o Je ne sais pas.
  
3. **Les données sur les sols comme aides à la décision** (une seule réponse possible) :
  - o Les données relatives au sol dont dispose la collectivité pour laquelle je travaille ne sont pas un outil d'aide à la décision.
  - o Les données relatives au sol dont dispose la collectivité sont un outil d'aide à la décision pour certains secteurs.
  - o Les données relatives au sol dont dispose la collectivité sont un outil d'aide à la décision pour un grand nombre de secteurs (délimiter des Zones Agricoles Protégées - ZAP, protection foncière d'espaces naturels ou agricoles...).
  - o Je ne sais pas.

### */ Sensibilisation à la question des sols*

1. **Pour ma structure, la question des sols renvoie à** (une ou plusieurs réponses possibles) :
  - o la consommation d'espace, le sol est une surface support des activités humaines.
  - o une ressource non renouvelable à même de rendre des services écosystémiques.
  - o une ressource qu'il faut préserver, les sols ont diverses fonctions (stockage de carbone, réservoir de biodiversité...), il convient de préserver les sols multifonctionnels.
  
2. **La multifonctionnalité des sols** (une seule réponse possible) :
  - o ne constitue pas un enjeu important pour la collectivité.

- o semble être intéressante à préserver.
  - o constitue un enjeu important : la collectivité a la volonté de préserver les sols multifonctionnels du territoire.
  - o est une notion que je ne connais pas.
3. **Sur l'intégration d'études de sol dans les documents de planification** (une ou plusieurs réponses possibles) :
- o la collectivité pour laquelle je travaille ne commande pas d'études de sols.
  - o des études de sols sont commandées dans l'aménagement opérationnel.
  - o des études de sols sont commandées pour élaborer les documents de planification, des données sols sont utilisées dans le diagnostic.
  - o des études de sols sont commandées pour élaborer les documents de planifications, des données sol sont utilisées pour élaborer le règlement du/des PLU(i).
4. **Connaissance de l'approche MUSE** (une seule réponse possible) :
- o Je ne connais pas l'approche MUSE.
  - o J'ai déjà assisté à une présentation de ce projet de recherche.
  - o Je connais bien la méthode, j'ai assisté à plusieurs présentations du projet.
5. **Approche MUSE et aménagement du territoire** (une seule réponse possible) :
- o Je ne comprends pas comment appliquer la méthode MUSE sur mon territoire.
  - o Je comprends comment appliquer la méthode MUSE mais j'ai plusieurs interrogations.
  - o Je me sens désormais à même d'aménager mon territoire en prenant en compte la ressource sol grâce à la méthode MUSE.
  - o Je ne connais pas la méthode MUSE.
6. **Approche MUSE et objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN) des sols** (une seule réponse possible) :
- o La méthode MUSE n'est selon moi pas un outil pouvant aider à mettre en œuvre le ZAN.
  - o Le lien entre l'objectif ZAN et la méthode est clair mais je ne perçois pas la méthode comme un outil pouvant appuyer la mise en œuvre du ZAN.
  - o Selon moi, la méthode MUSE est un outil pouvant appuyer la mise en œuvre du ZAN.
  - o Je ne connais pas la méthode MUSE.

/ Appropriation des outils techniques de la méthode

1. **Sur l'acquisition et le traitement de données sol sur mon territoire** (une seule réponse possible) :
- o Les données sols sont insuffisantes ou inappropriées pour être exploitées.
  - o Les données sols sont disponibles mais des difficultés sont rencontrées pour les analyser.
  - o Les données sols sont disponibles et exploitables pour construire des cartes de fonctionnalité des sols.
  - o Je ne suis pas au courant de l'existence de données relatives au sol sur mon territoire.

2. **Sur la notion de pleine terre** (une seule réponse possible) :

- o Je ne connais pas cette notion.
- o Je comprends la notion de pleine terre mais je ne l'utilise pas dans mes documents de planification.
- o Je comprends la notion de pleine terre et je l'utilise dans mes documents de planification.
- o J'utilise une notion similaire dans mes documents de planification mais je ne la nomme pas ainsi.

3. **Sur l'utilisation d'outils cartographiques relatifs à la multifonctionnalité des sols** (une seule réponse possible) :

- o Je ne vois pas comment utiliser des cartes de multifonctionnalité des sols comme aide à la décision dans les documents de planification.
- o Je comprends l'intérêt d'utiliser des cartes de multifonctionnalité des sols dans les documents de planification mais j'aurais besoin que celles-ci soient "transformées" en cartes d'enjeux.
- o Je comprends l'intérêt d'utiliser des cartes de multifonctionnalité des sols et je me sens à même de m'approprier cet outil comme aide à la décision dans les documents de planification.

/ Mobilisation des moyens humains et matériels pour prendre en compte la qualité des sols :

1. **Temps et moyens humains** (une seule réponse possible) :

- o Selon moi, la collectivité pour laquelle je travaille manque de temps et de moyens pour réussir à intégrer la question de la préservation des sols de qualité (sols multifonctionnels).
- o Les moyens de la collectivité sont suffisants pour traiter la question des sols au moment du démarrage du PLUi.
- o Les moyens de la collectivité sont suffisants pour traiter la question des sols dès l'amont du démarrage du PLUi.

2. **Sur la collaboration avec d'autres acteurs pour acquérir et traiter des données relatives aux sols** (une seule réponse possible) :

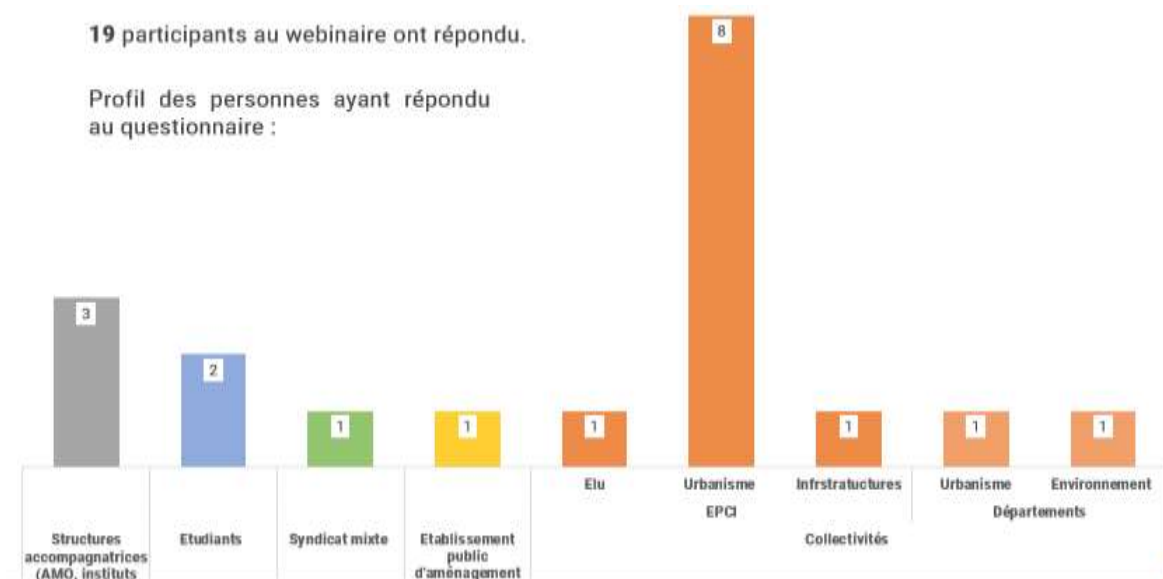
- o Je ne pense pas qu'une collaboration soit possible.
- o La collectivité souhaite mettre en place des collaborations avec d'autres acteurs (chambres d'agriculture, bureaux d'études par exemple) afin de faciliter l'acquisition et l'exploitation des données « sols ».
- o La collectivité met en place des collaborations avec d'autres acteurs (chambres d'agriculture, bureaux d'études par exemple) afin de faciliter l'acquisition et l'exploitation des données « sols ».

/ En conclusion, qu'attendez-vous du webinaire du 2 juillet ?

# ANNEXE 7 : RESULTATS DU QUESTIONNAIRE DE PREPARATION DU WEBINAIRE FINAL

19 participants au webinaire ont répondu.

Profil des personnes ayant répondu au questionnaire :



## 1. Intégration de la qualité des sols dans vos pratiques d'aménagement

Sur la commande d'études de sol :



Enjeux du territoire pour lesquels la collectivité souhaite utiliser les données sols :



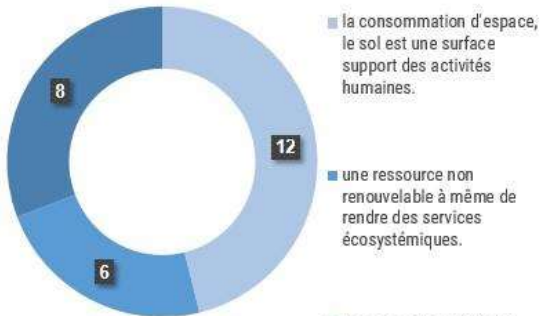
Les données sols comme outils d'aide à la décision :



## 2. Sensibilisation à la question des sols

Pour ma structure, la question des sols renvoie à :

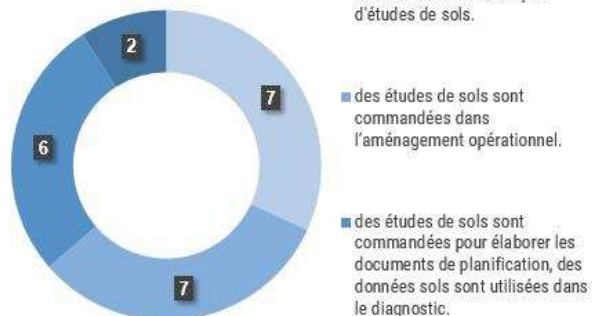
Une ou plusieurs réponses possibles :



Total : 26 réponses

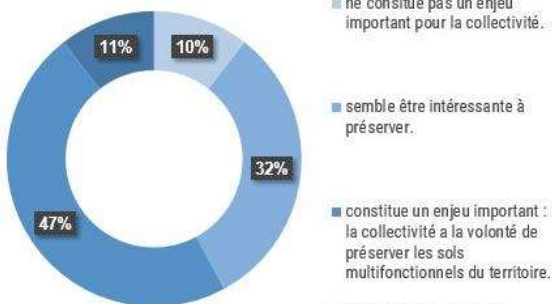
Sur l'intégration d'études de sol dans les documents de planification :

Une ou plusieurs réponses possibles :

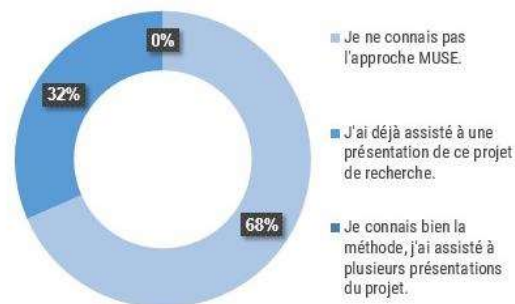


Total : 22 réponses

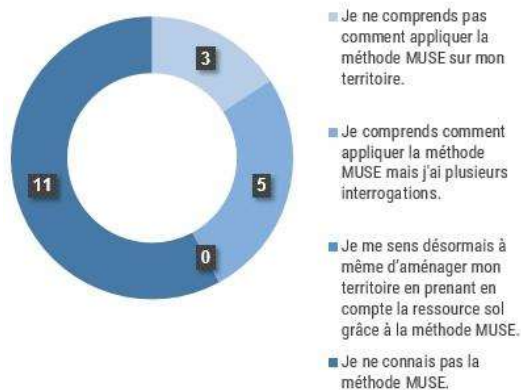
La multifonctionnalité des sols :



Connaissance de l'approche MUSE :



Approche MUSE et aménagement du territoire :



Approche MUSE et objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN) des sols :



### 3. Appropriation des outils techniques de la méthode

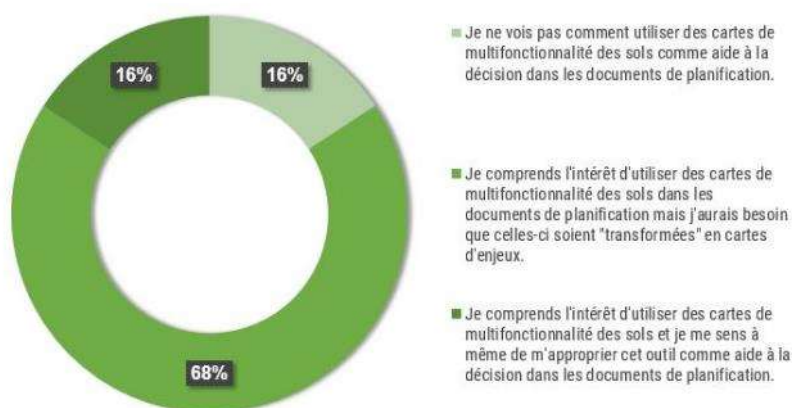
Sur l'acquisition et le traitement des données sol sur mon territoire :



Sur la notion de pleine terre :



Sur l'utilisation d'outils cartographiques relatifs à la multifonctionnalité des sols :

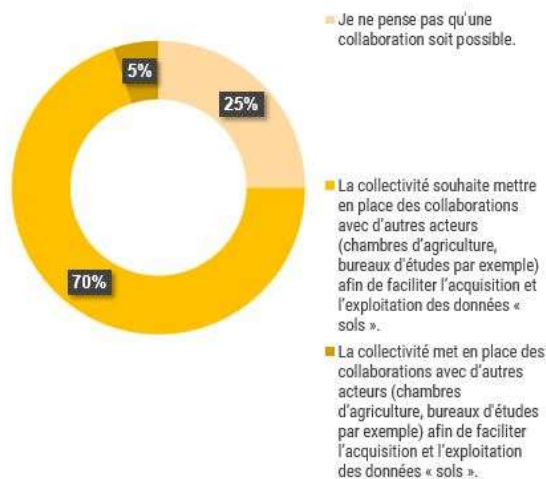


### 4. Mobilisation des moyens humains et matériels pour prendre en compte la qualité des sols

Temps et moyens humains :



Sur la collaboration avec d'autres acteurs pour acquérir et traiter des données sol :



## ANNEXE 8 : TABLEAU DE SYNTHÈSE DES ATELIERS RÉALISÉS AVEC LES 3 MÉTROPOLIS PARTENAIRES

Retours thématiques des collectivités :	NANTES METROPOLE	METROPOLE AIX-MARSEILLE PROVENCE	CHÂTEAUX METROPOLE
1. Intérêt de MUSE	Point fort : MUSE permet d'aller au-delà du critère d'aptitude agronomique pour les PLUi		
	<b>Intérêt de certains paramètres utiles aux calculs des indicateurs</b> qui pourront être utilisés pour d'autres thématiques que le PLUi comme la gestion de l'eau, les énergies renouvelables... Exemple : repérer des terrains de faible fonctionnalité pour l'installation de fermes solaires		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Approche directement utilisable pour un porter à connaissance</li> <li>- Travail partenarial qui apporte une meilleure connaissance du territoire</li> <li>- Intérêt de disposer d'une méthode permettant de renseigner à la fois les espaces ruraux et urbains</li> <li>- Apport de connaissances de MUSE : intérêt pour ajuster les projets de développement dans une démarche ERC</li> </ul>	<p>Potentiel agronomique : reste perçu comme un incontournable du PLUi (avec en second la capacité d'infiltration)</p> <p>Remarque : la biodiversité ne dépend pas que du sol, à la différence de l'aptitude agronomique</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intérêt de comprendre les principes de perméabilité par rapport à la recharge des nappes</li> <li>- Apport intéressant d'indicateurs sur lesquels on dispose de peu d'éléments (biodiversité, stockage de carbone), utile pour d'autres documents de planification (PCAET, trame verte)</li> </ul>
2. Interrogations sur les biais des indicateurs	Pérennité et modularité des paramètres ? On n'apporte pas de vision dynamique en fonction des évolutions d'usage des sols. Ex. : l'indicateur biodiversité peut changer selon le MOS : on peut apporter de la matière organique pour améliorer le potentiel agronomique.	Sur la fonction biodiversité : au vu du type de sol, le lombric n'est peut-être pas le meilleur indicateur sur le territoire	Quelle est la pérennité des paramètres fondés sur le MOS (biodiversité et stockage de carbone) ? Est-il possible de faire évoluer ces paramètres ? Quel est le poids de ces indicateurs évolutifs sur l'indicateur final ?
3. Propositions d'amélioration du rendu des cartes	Afficher ou permettre un croisement rapide avec les contraintes supplémentaires (ex. pente / salinité)	Afficher les contraintes supplémentaires (ex. pente / salinité) en surimpression pour faciliter l'exploitation des cartes.	Ajouter du contraste aux cartes d'indicateur sans changer les notes) pour un territoire qui ne présente pas de grande variabilité d'UCS ou de MOS en zone péri-urbaine et rurale.
4. Importance de la notion d'incertitude (liée au mode d'agrégation des données sols)	Intéressant car permet d'intégrer de façon synthétique la donnée sol (hétérogénéité et taille des UCS)	Pas habituel. Nécessite un accompagnement pour exploiter l'incertitude	<b>Important mais nécessite de la pédagogie</b> <b>Remarque :</b> L'incertitude donne une indication à réinterroger au besoin avec l'appui d'experts en fonction de la question qu'on se pose
5. Perception des résultats par rapport à la connaissance du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potentiel agronomique : Secteur Carquefou très agricole uniquement noté de 1 à 2, serait intéressant de confronter ce résultat à la carte d'agriculture périurbaine</li> <li>- Carte de multifonctionnalité : Rôle déterminant des zones humides qui n'apparaît pas forcément : l'axe de la Loire ressort mais pas celui de L'Erdre (trop faible résolution spatiale)</li> </ul>	Massif calcaire Sainte-Victoire est noté en très fort stock de carbone, semble surprenant.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet d'échelle : on ne voit pas la zone militaire pourtant très peu anthropisée. Ne ressort qu'avec l'indicateur pleine-terre</li> <li>- Résultat peu contrasté pour les indicateurs biodiversité et carbone du fait du choix des classes pour ces indicateurs, peu adaptée au territoire</li> </ul>



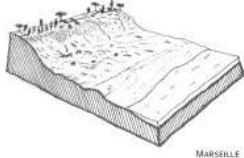
	- Zone rouge à l'est dans une zone verte : semble être une erreur, peut-être une zone de sable rapporté de la Loire (à vérifier)		
<b>6. Ecartement des fonctions anthropiques tel le « degré de pollution »</b>	Choix d'écartier ces fonctions bien compris	Contrainte complexe : la contamination, on ne connaît pas l'extension des zones contaminées	Pollution : reste compliquée à prendre en compte à l'échelle de la planification, c'est seulement quand la reconversion est lancée que la pollution devient un sujet. Dans un territoire où les coûts du foncier sont peu élevés, il est difficile d'absorber les coûts de dépollution.
<b>7. Intérêts et limites de la carte de multifonctionnalité</b>	- Point fort : la vision macro permet d'identifier les zones où il y a un besoin de données supplémentaires. Ex. Couleurs de certaines zones liées à l'agrégation des UCS : intéressant d'aller vérifier ce qui s'y passe car porteur de questionnement sur les sols. - Besoin de croiser le PLUm avec la carte de multifonctionnalité pour voir si cela apporte des éléments d'aide à la décision pour les futures zones AU.	Intérêts : carte qui pourra être confrontée au MOS pour voir si les zones AU et les zones A sont bien placées.	- Carte qui permet de lutter contre les idées reçues : homogénéité et intérêt écologique des sols dans les zones forestières et sols des cultures intensives qui seraient forcément de mauvaise qualité et de moindre intérêt vis-à-vis de la biodiversité des sols. - Ces cartes sont de nouveaux outils à mettre à disposition des élus et à ancrer dans l'état initial du territoire dans les projets de planification ou d'aménagement.
	- Utilisable en l'état mais besoin d'accompagnement pour adapter et pondérer les fonctions par rapport aux enjeux. - Besoin de ré-exploiter la carte de multifonctionnalité avec différentes pondérations pour des cartes visant à appuyer la décision par enjeu.		- Carte de synthèse : dangereux à utiliser en l'état. Ecueil à éviter : ne considérer que cette carte sans revenir sur les indicateurs de base. <b>Nécessité de prévoir un avertissement méthodologique.</b> - Proposition : faire plusieurs cartes de multifonctionnalité en modulant les pondérations pour identifier l'indicateur qui fait basculer une zone dans le rouge ou proposer une clé de lecture qui soit appropriée aux enjeux du territoire.
<b>8. Intérêt de l'approche « pleine terre » en milieu urbain</b>	- Pertinent d'avoir 2 approches différentes - Intérêt directe de la carte de pleine terre, très utile également à l'échelle du projet.		
	- Besoin de tester une méthode d'agrégation des pixels pour avoir des objets vecteurs et transposer en cartes d'enjeux directement exploitables par les élus - Carte 'pleine-terre' : permet de prioriser les opérations de développement ou de renaturation, donne des	- Nécessité d'adopter une définition commune de la pleine terre, Besoin d'une fiche présentant l'indicateur et de l'hypothèse sur la 'profondeur du sol'	-Approche qui permet de retrouver des espaces agricoles en milieu urbain - Ex. Carte qui aurait pu être utile sur un quartier où des espaces étaient recherchés pour installer une

	arguments pour prouver qu'un sol est de qualité, mais requiert une échelle de rendu plus fine. - Projet d'utilisation directe pour le 'Plan de pleine terre' en réflexion à l'échelle du quartier du Haut Pavé. - Questionnement de la méthode par rapport aux arbres de haute tige.	- Présence de zones non délimitées par les RRP : les zones industrielles ont bien été repérées mais pas les zones résidentielles	ferme urbaine en déconstruisant de l'habitat collectif. - Identification des zones militaires : important foncier disponible mais question de la pollution non prise en compte. - Besoin d'une fiche présentant l'indicateur et de l'hypothèse sur la 'profondeur du sol'
<b>9. Limites de l'approche MUSE : niveau d'échelle et mise à jour de la donnée 'sol' (date et résolution spatiale)</b>	Compréhension de la nécessité d'avoir une méthode nationale, volonté de s'approprier la méthodologie pour intégrer des données MOS locales de résolutions plus fines <u>Remarque</u> : Les cartes permettent d'identifier là où il faudrait des données complémentaires	Volonté d'intégrer la qualité agronomique des sols avec une échelle plus fine Réflexion sur les franges : existence de zones urbanisées qui ne sont pas cartographiées (UCS datent de 1960-1970) + le RRP date des années 95, l'artificialisation a évolué ces dernières années → <b>Intéressant de tester la méthode sur une zone plus fine avec des données plus récentes.</b>	- <b>Cartes manipulables en l'état à l'échelle du SCoT</b> (permet de définir des orientations stratégiques sur le sol) - <b>Besoin d'appui et d'expertise pour descendre à l'échelle plus fine du PLUi en utilisant les données plus fines de cartographie des sols.</b>
<b>10. Appropriation : Besoin de rendre la méthode plus accessible (en l'état très technique)</b>	Cartes très techniques : proposition de retranscrire les cartes sous forme de carte d'enjeux pour construire des stratégies de spatialisation qui soient des outils d'aide à la décision pour les élus.	Besoin de pédagogie. Exemple MAMP : un élu ne va pas forcément comprendre pourquoi on a un sol au fort potentiel agronomique qui est en même temps dans une zone saline.	- Les cartes sont probablement plus à destination des services techniques que des élus. - Les services techniques doivent pouvoir s'approprier les cartes pour les retraduire et les rendre compréhensibles aux yeux des élus.
<b>11. Temporalité : Intérêt de mobiliser la méthode en amont du PLUi et de développer des indicateurs de suivi</b>	- Intéressant de mobiliser la méthode dès l'écriture du PADD - Pas de révision du PLUm prévue pour l'instant, mais volonté de s'acculturer à MUSE pour intégrer les nouvelles données lors de la révision - Intérêt pour le développement d'indicateurs de suivi	Intéressant de mobiliser la méthode dès l'écriture du SCoT pour identifier des zones d'enjeux, qui seront reprises dans le diagnostic PLUi. Dans l'idéal, il faudrait que l'ensemble ou une grande partie des enjeux soient traités en amont de l'élaboration du PLUi pour faciliter l'arbitrage réglementaire du PLUi qui doit déjà intégrer beaucoup d'enjeux.	
<b>12. Moyens et acteurs : opérationnalité de la méthode inégale selon les territoires</b>	Collectivités importantes : pas de problèmes concernant les moyens humains/matériels à mobiliser		
	- Nécessité d'accompagnement pour mobiliser la méthode avec des données plus fines en s'assurant qu'elle reste valide. - Nécessité d'accéder aux paramètres de bases de chaque indicateur pour permettre au service SIG d'exploiter différemment ou de recalculer les indicateurs.	- Nécessité de déplacer les budgets. Pour acquérir des données sur les sols - Point de vigilance : le SIG a tendance à être traité comme un travail d'informaticien, or il ne faut pas confondre informaticiens et géographes	- Méthode MUSE plus compliquée à mettre en œuvre pour des petites collectivités qui ont moins de compétences techniques (notamment SIG) : nécessité alors de mobiliser des BET. - Piste pour les zones rurales : produire des cartes toute-faites à l'échelle du département à intégrer dans le cadre des porter à connaissances.
MUSE : un outil pour faire évoluer les pratiques et mettre en œuvre le ZAN			

<p><b>13. Approche ZAN : intérêt de MUSE</b></p>	<p>Approche pleine terre : intéressante pour la partie compensation, permet de définir les espaces à renaturer</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nécessité de mener un travail conjoint entre les labos scientifiques et la MAMP pour rendre la méthode applicable tout de suite dans le contexte de la loi Climat et résilience</li> <li>- Nécessité d'établir un lien juridique entre la méthode et les documents de planification</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Préalable indispensable : donner une définition commune de l'artificialisation pour déterminer les surfaces réellement les surfaces impactées et éventuellement à compenser.</li> <li>- La notion de ZAN est difficile à intégrer pour certains élus, notamment en zone rurale où la nécessité de réduire de 50% les zones constructibles est difficile à admettre.</li> </ul>
<p><b>14. Sensibilisation des élus sur la 'ressource sol' : utilité de MUSE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elus : sensibles aux enjeux de protection des zones agricoles et des zones humides mais sont moins conscients de la nécessité de protéger les fonctions des sols. Pédagogie à poursuivre pour que les sols ne soient pas perçus comme une contrainte supplémentaire.</li> <li>- Nécessité de traduire les cartes MUSE en « binaires » par grands enjeux.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utile car les élus sont souvent sensibles à la protection des zones naturelles et agricoles mais ils sont moins conscients de la nécessité de protéger les fonctions des sols.</li> <li>- Projet : mieux inscrire l'enjeu 'sols' dans le SCoT pour obliger sa prise en compte dans le PLUi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avant le PLUi, le SCoT = le bon outil pour mettre en avant cet enjeu.</li> <li>- Cartes existantes qui resteront même si elles n'intègrent pas le PLUi : elles participent de l'intégration des enjeux "sols" auprès des élus</li> <li>- Utile en appui pour lutter contre des idées reçues sur la connaissance du territoire et les fonctions des sols (notamment en lien avec le MOS)</li> <li>- Dans un territoire où les coûts du foncier sont faibles, la protection des zones naturelles et agricoles n'est pas l'enjeu prioritaire des élus. Il est nécessaire de travailler sur d'autres modes de développement que l'artificialisation.</li> </ul>
<p><b>15. Opérabilité et perspective d'utilisation au regard des enjeux propres aux 3 métropoles partenaires</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opérabilité directe de la carte de pleine-terre pour des aménagements en projet</li> <li>- Questionne les capacités de densification de la ville</li> <li>Ex: prévision d'urbaniser certains sites questionnée car présentent une biodiversité importante</li> <li>- En perspective : Apport d'indicateurs sur des enjeux bien ancrés pour les élus (ex. stockage C pour plan adaptation CC et infiltration)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Présence de sols peu multifonctionnels mais qui ont un intérêt patrimonial ou paysager : MUSE doit être utilisée en supplément d'autres informations mais ne doit pas les supplanter afin d'éviter les mauvaises interprétations.</li> <li>- Limite : La méthode MUSE ne permet pas de distinguer certains sols : prairies et coussouls, mêmes multifonctionnalités mais intérêts différents. Besoin de reprendre la pondération des indicateurs pour faire ressortir les différences.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perspectives d'utilisation limitée d'après le recul sur l'élaboration en cours du PLUi : poids moins important du potentiel agronomique devant le critère d'accessibilité aux réseaux (coûts) pour zoner des AU, notamment dans des secteurs où le potentiel agronomique est globalement bon.</li> <li>- Peut aider à valoriser certaines zones. Ex : Indicateur de biodiversité pouvant permettre de revaloriser la filière élevage qui est décriée par rapport à l'enjeux climatique (émetteur de GES) mais qui ressort selon l'indicateur biodiversité et paysage.</li> <li>- Limite : les indicateurs MUSE ne sont actuellement pas déterminants en zone de foncier peu cher : difficile de trouver des équilibres économiques pour reconverter les friches (notamment sur des sites pollués)</li> <li>- Les habitants ont l'impression qu'il y a de la place pour construire.</li> </ul>

## ANNEXE 9 : REPRESENTATIVITE DES 3 COLLECTIVITES PARTENAIRES DU PROJET MUSE

Tableau : Classes d'enjeux de territoire représentés au niveau des métropoles partenaires du projet MUSE.

Principales caractéristiques  <i>Source des blocs diagrammes : projet d'étudiants STRATAM, Université Clermont-Auvergne, 2020.</i>	Enjeux des 3 métropoles partenaires		
	Châteauroux Métropole  CHÂTEAURoux	Nantes Métropole  NANTES	Aix-Marseille Provence Métropole  MARSEILLE
Typologie d'enjeux de territoire	73 617 habitants en 2016, 538 km <sup>2</sup> : territoire en transition démographique avec une très forte présence d'espaces agricoles (67% de la surface), seulement 9% du territoire est artificialisé.	646 522 habitants en 2018, 534 km <sup>2</sup> : territoire fortement artificialisé (40% de la surface) avec une des zones urbaines denses au sein de larges espaces agricoles et entre des milieux humides (fleuve, rivières, zones humides).	1 805 600 habitants en 2018, 3173 km <sup>2</sup> : très vaste territoire avec une forte présence de forêts et de milieux naturels (48% de la surface) et des zones urbaines denses, proche du littoral.
Communes marquées par le relief et les espaces forestiers			
Communes agricoles avec un patrimoine naturel prioritaire	☒		
Communes en équilibre entre espaces naturels, forestiers et agricoles	☒		
Communes agricoles en recul démographique			☒
Communes agricoles en transition démographique			☒
Communes agricoles sous influence urbaine	☒	☒	☒
Communes urbaines d'interface ville-campagne	☒	☒	
Communes urbaines de 2 <sup>e</sup> ordre : villes moyennes et 1 <sup>ère</sup> couronne de métropoles	☒	☒	☒
Communes urbaines de 1 <sup>er</sup> ordre : grandes villes - métropoles	☒	☒	☒

Total	6 types d'enjeux	4 types d'enjeux	5 types d'enjeux
-------	------------------	------------------	------------------

## ANNEXE 10 : REPRESENTATIVITE DES COLLECTIVITES CONSULTEES POUR EVALUER L'APPROCHE MUSE (QUESTIONNAIRES, ENQUETES ET WEBINAIRES).

Même si une commune donnée peut couvrir plusieurs types d'enjeux parmi ceux répertoriés dans la typologie nationale proposée dans le projet MUSE, il est possible d'ébaucher une image de la représentativité des enjeux représentés par les territoires qui ont participé aux échanges, en affectant le type d'enjeu principal du territoire à son centroïde.

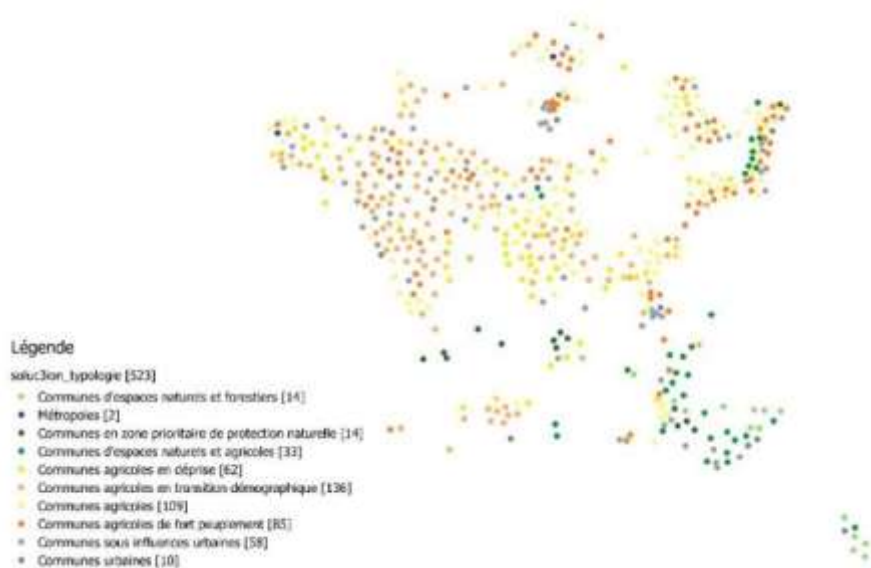


Figure : Image synthétique de la répartition des communes consultées et du type d'enjeu de territoire principal qu'elles représentent.

Tableau : Bilan des types d'enjeux de territoire représentés par les communes présentes aux webinaires du projet SolU3cion.

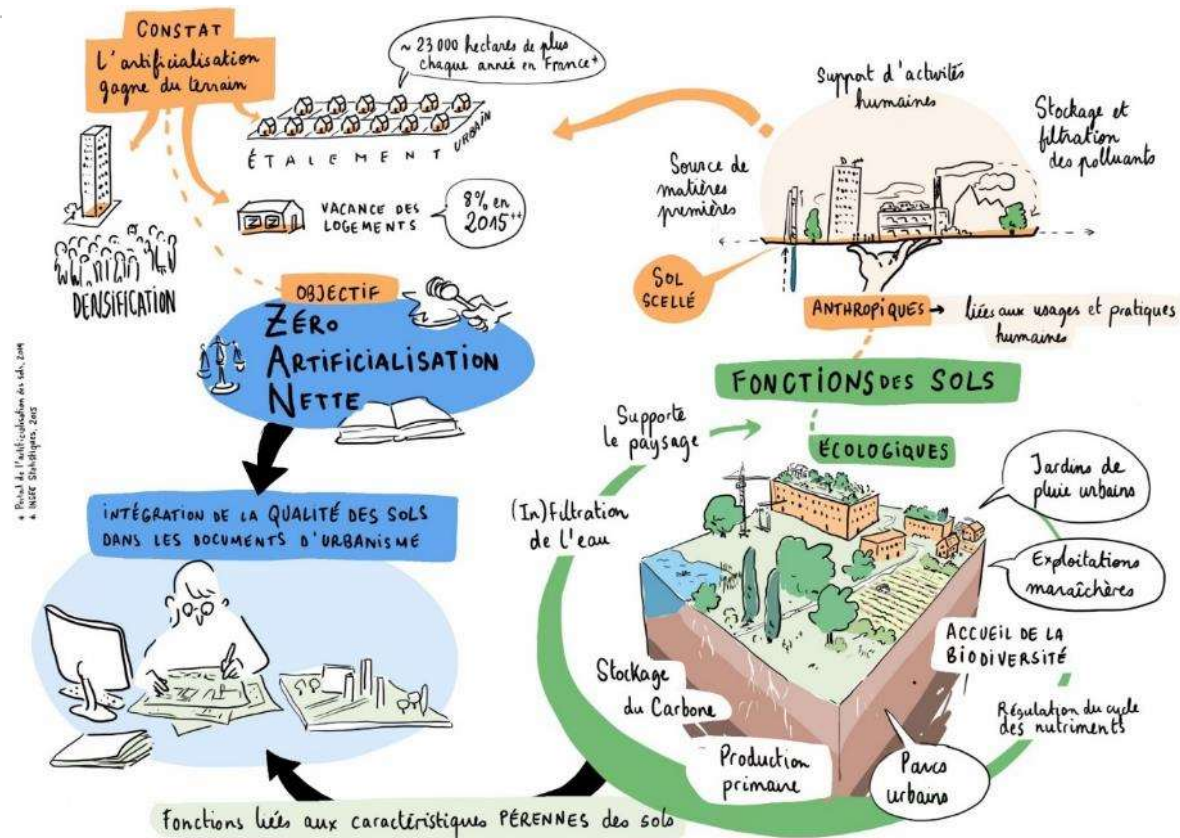
Typologie nationale d'enjeux de territoire <sup>20</sup>	Nombre et pourcentage de communes concernées			
	Nombre de communes concernées en France métropolitaine	% relativement au total des communes françaises	Nombre de communes consultées en webinaire	% relativement au total des communes consultées
Communes marquées par le relief et les espaces forestiers	5162	15%	14	3,2%
Communes agricoles avec un patrimoine naturel prioritaire	2645	8%	14	3,2%
Communes en équilibre entre espaces naturels, forestiers et agricoles	1077	3%	33	7,5%

<sup>20</sup> Cf chapitre adhoc, rapport Ademe - MUSE – Intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme, en cours de publication

Communes agricoles en recul démographique	6780	19%	62	14,1%
Communes agricoles en transition démographique	7677	22%	136	31,0%
Communes agricoles sous influence urbaine	6780	19%	109	24,8%
Communes urbaines à d'interface ville-campagne	4477	12,8%	58	13,2%
Communes urbaines de 2è ordre : villes moyennes et 1ère couronne de métropoles	349	1,0%	10	2,3%
Communes urbaines de 1er ordre : Grandes villes - métropoles	21	0,06%	3	0,7%
<b>Total</b>	<b>34 968 communes en France</b>		<b>439 communes consultées</b>	

## FONCTIONS DES SOLS ET INDICATEURS

L'objet du projet MUSE est d'aider les intercommunalités à mieux prendre en compte les sols dans les documents d'urbanisme et de les orienter vers une consommation la plus à même de répondre aux enjeux et aux besoins de leurs territoires. Une nécessaire sensibilisation de ces acteurs à l'utilité des sols et à leur usage économe et rationnel est un préalable et se réalise, dans le cadre de ce projet, au travers du prisme de leur multifonctionnalité. L'intérêt de cette approche est de caractériser les sols sur la base des fonctions qu'ils sont en capacité de remplir. De plus, il s'agit d'adapter leur usage en privilégiant une approche intégrée qui combine la préservation de ces fonctions et leur mobilisation dans le projet de territoire.



△ Dessin de Flore Vianeron ©2021

**Fonctions écologiques et fonctions « anthropiques » du sol :**  
L'approche par fonctions écologiques a été choisie dans le projet au détriment des fonctions anthropiques, jugées trop limitatives car anthropocentrées (voir dessin ci-dessus) et très évolutives dans le temps.  
La distinction entre ces 2 notions reste complexe, certaines fonctions qui bénéficient aux écosystèmes bénéficient aussi à l'Homme (exemple : la fonction/service de régulation de l'eau).

### Fonctions écologiques :

Production d'aliments et de biomasse, régulation du cycle de l'eau, stockage, filtration et transformation des nutriments, réservoir de biodiversité du sol, réservoir de carbone.

### Fonctions anthropiques :

Stockage, filtration et transformation des polluants, support (physique d'activités humaines et culturelles), source de matière première.

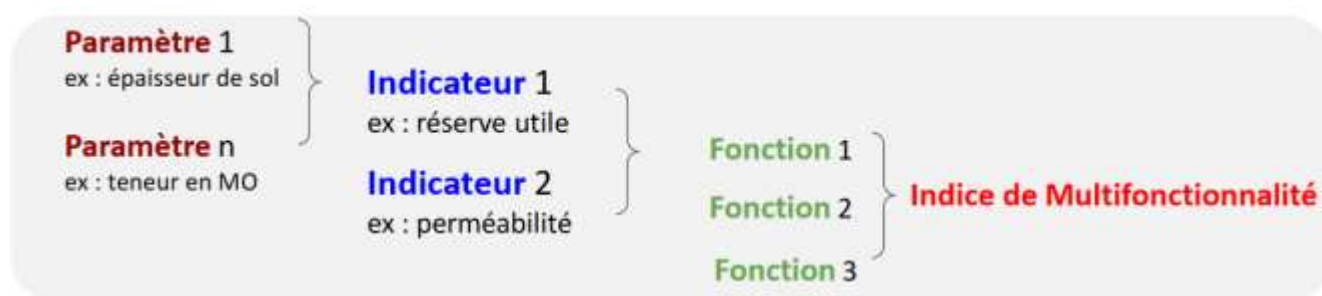
## FONCTIONS DE MUSE

Dans le cadre du projet MUSE, 4 fonctions ont été retenues et sont présentées dans les fiches suivantes. Ces fonctions sont associées à des services écosystémiques, eux-mêmes reliés à des enjeux de territoire. Pour qualifier les fonctions, 4 indicateurs ont été déterminés. La somme des notes obtenues sur chaque indicateur a permis de calculer un indicateur de multifonctionnalité des sols. Ces résultats sont interprétés par des cartographies des différentes fonctions et synthétisés en une carte de multifonctionnalité des sols.

### FICHES FONCTIONS



Δ Les 4 fonctions des sols retenues dans le cadre du projet MUSE



Données issues du sol

(avec unité de mesure)  
ex : mg/kg

Agrégation de paramètres décrivant un processus (avec unité de mesure et classe de "qualité" ou notes) ex : 1/2/3/4/5

Agrégation d'indicateurs

(avec classes de "qualité" ou notes)  
ex : 1/2/3/4/5

Agrégation De fonctions

Δ Schéma de principe : caractérisation des fonctions et indice de multifonctionnalité

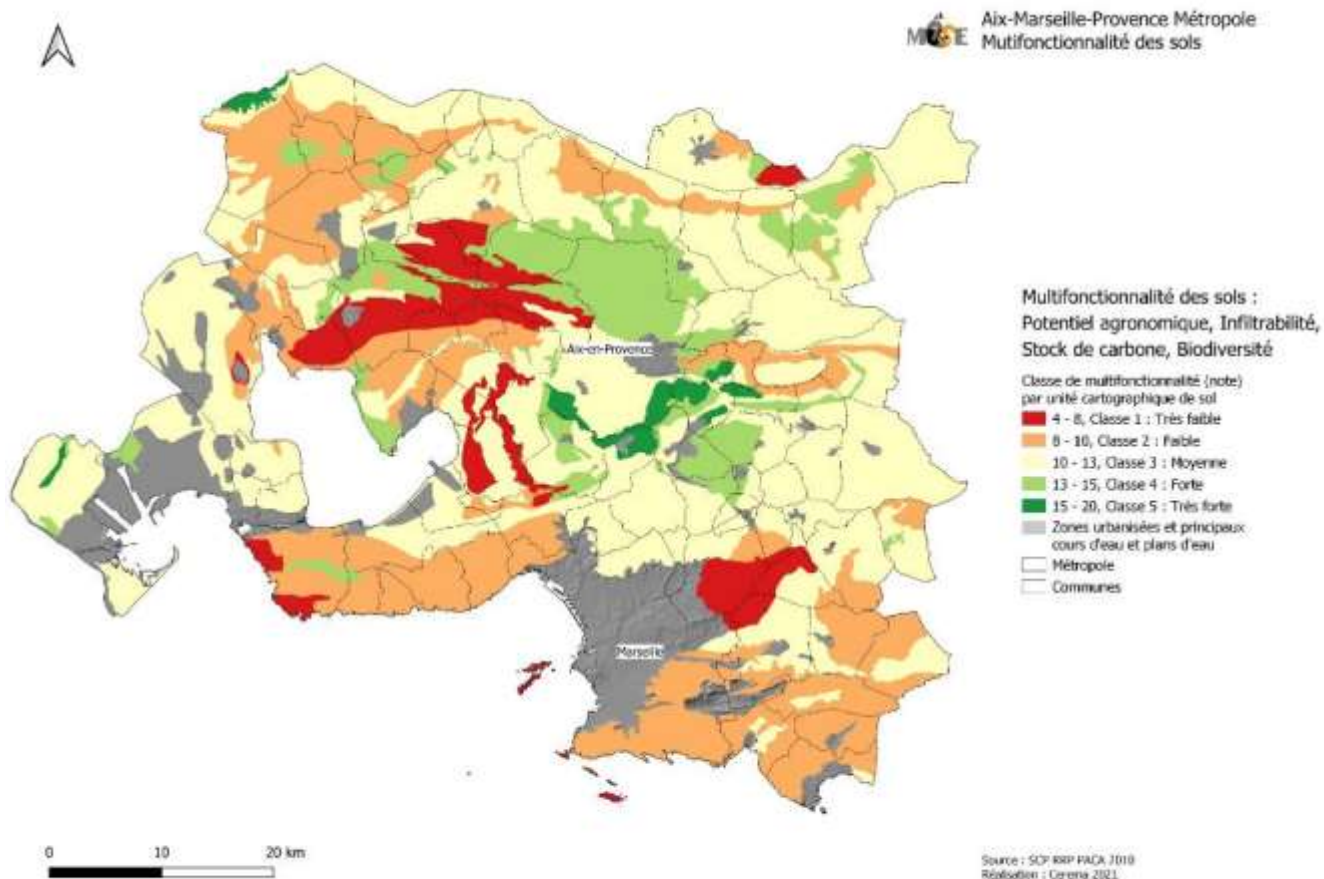
## DES PARAMÈTRES AUX INDICATEURS

Les indicateurs choisis sont précis, simples à construire et à coût maîtrisé, exploitables sous forme cartographiques, faciles à mettre en œuvre et à interpréter. Ils sont construits à partir de plusieurs paramètres issus des précédents projets (TUSEC-IP, URBAN SMS, UQUALISOL-ZU). Pour autant, des contraintes vont à l'encontre de la mise en place d'une méthode unique et généralisable à la France entière. En effet, la méthode dépend de l'existence de données accessibles et diffusées sur l'ensemble du territoire métropolitain afin de pouvoir utiliser les indicateurs.

## INDICATEUR DE MULTIFONCTIONNALITE DES SOLS :

Le calcul de l'indicateur de multifonctionnalité des sols repose sur la somme des notes obtenues pour le calcul des 4 indicateurs déterminés pour les 4 fonctions présentées auparavant. Ces quatre fonctions pèsent chacune le même poids. Néanmoins, suivant les enjeux présents sur chaque territoire et les besoins des collectivités, cette somme pourra faire l'objet de pondérations.

Les notes obtenues à la suite de ce calcul sont classées d'une multifonctionnalité très faible (pour les valeurs les moins importantes) à très forte (pour les valeurs les plus importantes)



Δ Carte de multifonctionnalité de la Métropole Aix-Marseille-Provence

La carte de multifonctionnalité des sols joue ainsi le rôle de synthèse sur la capacité d'un sol à remplir ses fonctions. Il est toutefois important de préciser que pour comprendre ce qui fait basculer certains sols vers les classes extrêmes, il faut retourner voir les cartes des fonctions prises en compte individuellement.

## MILIEUX URBAINS ET RURAUX : UNE APPROCHE DIFFÉRENCIÉE

Pour caractériser les sols en milieu rural, la méthode s'appuie sur le référentiel régional pédologique coordonné par le Groupement d'Intérêt Scientifique du Sol (GIS Sol). Ces données au 1/250 000<sup>e</sup> sont grossières par rapport à l'échelle du PLUi (1/10 000<sup>e</sup>). C'est pourquoi il est préconisé de réutiliser la méthode avec des données plus fines correspondant à l'échelle de l'aménagement. Dans le milieu urbain, il n'existe pas de cartes pédologiques. L'équipe du projet MUSE a donc travaillé à une caractérisation de la capacité des sols urbains à exercer toute ou partie des fonctions d'un sol naturel. La fiche suivante détaille comment se construit l'indice de multifonctionnalité des sols en milieu urbain grâce à la notion de pleine terre.

### LES DIFFÉRENTES APPROCHES DE LA MÉTHODOLOGIE MUSE



### PROJET MUSE ET OBJECTIF ZAN

Le projet de loi Climat et résilience entend diviser par deux le rythme d'artificialisation des sols sur la décennie à venir, pour permettre à la France de tendre vers l'objectif d'absence d'artificialisation nette des sols. La méthode MUSE pourrait être un soutien à cet objectif en constituant un outil d'aide à la décision qui enrichisse le diagnostic territorial. En croisant leurs enjeux locaux avec l'indice de multifonctionnalité des sols, les collectivités pourront plus facilement choisir les zones à protéger et celles à densifier. La méthode MUSE pourrait ainsi apporter une dimension qualitative supplémentaire pour mettre en œuvre l'objectif ZAN. Au-delà de l'objectif d'artificialiser moins, la méthode permet de préserver les sols les plus qualitatifs tout en continuant de répondre aux besoins des territoires.

# FONCTION SOURCE DE BIOMASSE

## Projet MUSE

La biomasse (ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale) 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**.

Indicateur associé :

Potentiel agronomique

Noté de 1 (valeurs les moins favorables) à 5

## ENJEUX

La fonction production de biomasse impacte plusieurs enjeux de territoire tels que les enjeux suivants :

- **promotion d'une agriculture responsable** : par ses qualités pédologiques, biologiques et physico-chimiques, le sol va permettre d'améliorer la production en termes de quantités et de qualités en limitant l'usage d'intrants.
- **lutte et adaptation contre le changement climatique** : la production de biomasse permet la capture de carbone et son utilisation comme matériau assure son stockage.
- **économie des ressources** : la biomasse est une ressource renouvelable qui peut être valorisée comme matière première pour la construction, la production de biens ou utilisée comme source d'énergie par combustion ou via la méthanisation.

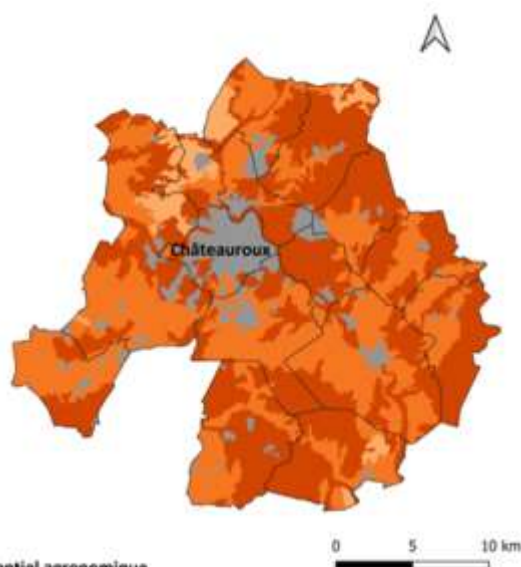
### • Paramètres pédologiques caractérisant le potentiel agronomique :

Réservoir utile, texture de surface, pH, profondeur du sol, charge en éléments grossiers

Prise en compte des contraintes supplémentaires qui pourraient s'appliquer sur le sol : hydromorphie, pente et salinité.

### • Données utilisées :

Données DoneSol - Référentiel Régional Pédologique (RRP)



Potentiel agronomique (note / 25)

- 1 (note  $\leq$  10)
- 2 (11  $\leq$  note  $\leq$  13)
- 3 (14  $\leq$  note  $\leq$  16)
- 4 (17  $\leq$  note  $\leq$  19)
- 5 (note  $\geq$  20)

△ Représentation graphique hors zones urbanisées de l'indicateur potentiel agronomique à Châteauroux.

### Quelques outils réglementaires pour protéger cette fonction :

- classement en zone N (naturelle) ou A (agricole) ;
- coefficient de biotope par surface ;
- article R151-43 du code de l'urbanisme : délimitation d'espaces et secteurs contribuant aux continuités écologiques ;
- classement des espaces boisés classés au titre de l'article L113-1 du code de l'urbanisme ;
- localisation, dans les zones urbaines, des terrains cultivés et des espaces ;

# FONCTION REGULATION DU CYCLE DE L'EAU

Projet MUSE

Le sol est un lieu de transit dans le cycle de l'eau. Certains sols, par leur nature, sont plus aptes que d'autres à réguler ce cycle permettant ainsi une meilleure infiltration des eaux de ruissellement, limitant le risque inondation, et procurant des îlots de fraîcheur lors des phénomènes caniculaires qui semblent voués à se multiplier dans les années à venir. L'indicateur choisi ici afin de traduire la fonction d'un sol à réguler le cycle de l'eau a pour objet de déterminer le **potentiel de ce sol à infiltrer l'eau**.

Indicateur associé :

Potentiel d'infiltration

Noté de 1 (valeurs les moins favorables) à 5

## ENJEUX

La fonction régulation du cycle de l'eau impacte plusieurs enjeux de territoire tels que les enjeux suivants :

- **protéger les personnes et les biens vis-à-vis des risques** : les sols auront un impact sur le risque inondation en réduisant l'importance de l'aléa par l'infiltration d'une partie de l'eau de ruissellement. Les sols assurent également une fonction de filtration et de dégradation des polluants des eaux utilisées par l'Homme, ils ont donc un rôle important en matière de santé publique.

- **lutte et adaptation au changement climatique** : l'eau stockée dans les sols est mobilisée par les plantes et permet la création d'îlots de fraîcheur. Un sol de qualité disposant d'une importante réserve utile en eau limitera les besoins en irrigation (pour l'agriculture par exemple) en périodes de forte chaleur

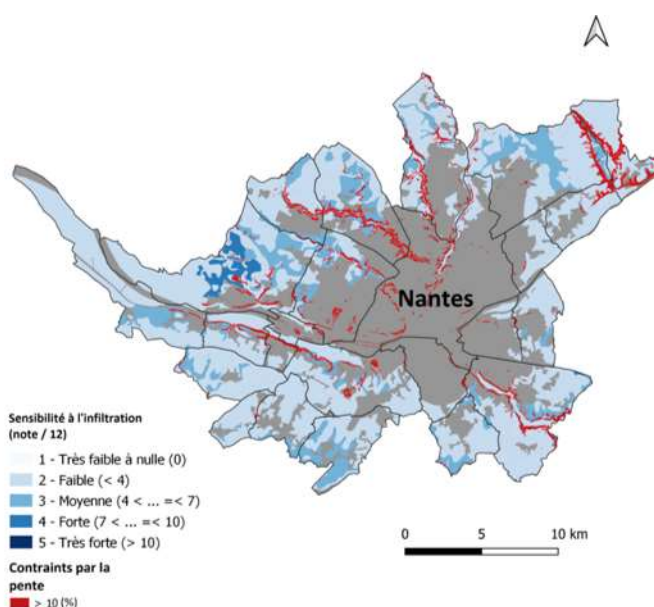
- **Paramètres pédologiques caractérisant le potentiel d'infiltration** :

Présence d'un niveau imperméable, texture, degré d'hydromorphie et perméabilité du sol

Prise en compte des contraintes supplémentaires qui pourraient s'appliquer sur le sol : pente

- **Données utilisées** :

Données DoneSol - Référentiel Régional Pédologique (RRP)



▲ Représentation graphique hors zones urbanisées de l'indicateur capacité d'infiltration à Nantes.

Quelques outils réglementaires pour protéger cette fonction :

- zones d'assainissement (code général des collectivités territoriales) ;
- le PLU peut préciser le type et les principales caractéristiques (places en pleine terre, ou imperméabilisée...) que devront présenter les aires de stationnement ;
- coefficient de biotope ou coefficient de pleine terre ;
- préservation et identification des zones humides ;
- article R151-43 du code de l'urbanisme : délimitation d'espaces et secteurs contribuant aux continuités écologiques ;

# FONCTION RESERVOIR DE CARBONE

## Projet MUSE

À l'échelle globale, les sols et les forêts stockent, sous forme de biomasse vivante ou morte, 3 à 4 fois plus de carbone que l'atmosphère. Ce carbone est issu de la dégradation des apports végétaux et de la pédofaune. Toute variation négative ou positive de ces stocks, peut jouer un rôle face au changement climatique en influant sur les émissions de gaz à effet de serre ou en facilitant le stockage de l'eau et la vie végétale permettant d'abaisser les températures localement via le phénomène d'évapotranspiration. Évaluer la fonction de réservoir de carbone se révèle donc très intéressant. Dans le cadre du projet MUSE, la fonction est liée à la couverture végétale et passe par la détermination de l'indicateur de **stock potentiel de carbone dans les sols**.

**Indicateur associé :**

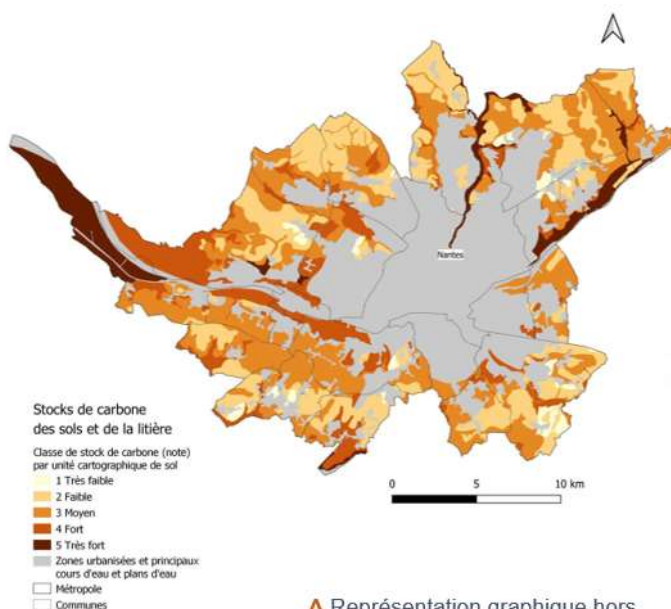
**Stock potentiel de carbone**

**Noté de 1** (valeurs les moins favorables) **à 5** (valeurs les plus)

## ENJEUX

La fonction réservoir de carbone impacte plusieurs enjeux de territoire tels que les enjeux suivants :

- **préservation des écosystèmes terrestres** : la matière organique concourt au maintien de la biodiversité en donnant accès aux nutriments aux plantes et aux micro-organismes.
- **gestion intégrée et durable de l'eau** : la matière organique participe à la structuration et à la porosité du sol, ce qui lui permet d'infiltrer et de retenir l'eau et des flots de fraîcheur.
- **promotion d'une agriculture responsable** : la teneur en matière organique influe sur des paramètres tels que la structure et la porosité des sols et par ce biais leur capacité à libérer l'eau pour les plantes en cas de sécheresse. Elle intervient également dans le cycle des nutriments dont elle régule la disponibilité.



▲ Représentation graphique hors zones urbanisées de l'indicateur stock potentiel de carbone à Nantes.

• **Paramètre pédologique caractérisant le stock potentiel de carbone :**

Carbone organique dans les sols et la litière

• **Données utilisées :**

Données forestières de l'outil ALDO développé par l'ADEME, IGN Corine Land Cove

Données DoneSol - Référentiel Régional Pédologique (RRP)

**Quelques outils réglementaires pour protéger cette fonction :**

- trame verte ;
- le classement des espaces boisés classés au titre de l'article L113-1 du code de l'urbanisme ;
- classement en zone naturelle ou agricole ;

# FONCTION RÉSERVOIR DE BIODIVERSITÉ

Projet MUSE

Le sol constitue un réservoir important de biodiversité. À l'échelle mondiale, il contiendrait plus de 25 % de la biodiversité connue. Cette biodiversité est indispensable au bon fonctionnement du sol à travers toutes les fonctions qu'elle rend : recyclage de la matière organique et des nutriments, création de conditions favorables à la vie des autres espèces, limitation de la présence de pathogènes. Un **indice qualifiant la biodiversité présente dans les sols**, se révèle donc être un bon indice à prendre en compte dans la détermination de la multifonctionnalité d'un sol.

Indicateur associé :

Indice de biodiversité

Noté de 1 (valeurs les moins favorables) à 5

## ENJEUX

La fonction réservoir de biodiversité impacte plusieurs enjeux de territoire tels que les enjeux suivants :

- **promouvoir une agriculture responsable** : une biodiversité riche va permettre de limiter l'apport d'intrants en facilitant l'accès des végétaux aux nutriments et en contrôlant les organismes pathogènes.
- **préservation des paysages et du patrimoine** : la vie végétale et animale en surface est largement dépendante de la biodiversité des sols (relations symbiotiques entre champignons et végétaux par exemple).
- **développement durable des écosystèmes terrestres** : certaines espèces présentes dans les sols permettent de dégrader les polluants.

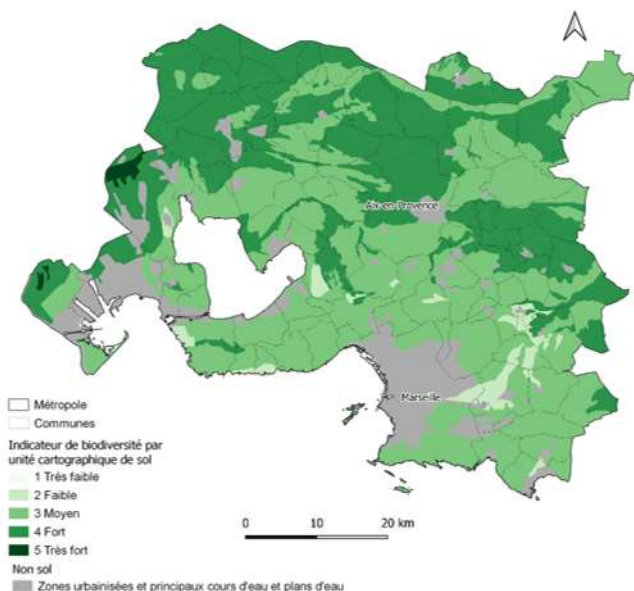
### Paramètres pédologiques caractérisant l'indice de biodiversité :

Abondance de vers de terre, diversité spécifique des vers de terre

### Données utilisées :

Corine Land Cover, données de l'Office National de la Biodiversité

Données DoneSol - Référentiel Régional Pédologique (RRP)



▲ Représentation graphique hors zones urbanisées de l'indicateur stockage potentiel de carbone à Marseille.

### Quelques outils réglementaires pour protéger cette fonction :

- trame verte ;
- coefficient de biotope ou coefficient de pleine terre ;
- localisation, dans les zones urbaines, des terrains cultivés et des espaces non bâtis nécessaires au maintien des continuités écologiques ;
- article R151-43 du code de l'urbanisme : délimitation d'espaces et secteurs contribuant aux continuités écologiques ;
- classement des espaces boisés classés au titre de l'article L113-1 du code de l'urbanisme ;
- OAP thématiques relatives aux continuités écologiques.

# MULTIFONCTIONNALITÉ DES SOLS EN MILIEU URBAIN

## Projet MUSE

Dans le cadre du projet MUSE, on pose l'hypothèse suivante : **la profondeur d'un sol en milieu urbain constitue un indicateur de sa multifonctionnalité potentielle**. La notion de **pleine terre** représente un optimum de multifonctionnalité. Il s'agit d'un espace non artificialisé, dans la mesure où tout ou partie des fonctions qu'il exerce ne sont pas affectées par le processus d'artificialisation. Le terme « potentielle » est très important car les usages et pratiques liés au sol (tassement, contamination...) constituent des facteurs d'influence majeurs de la qualité des sols. Les données de profondeur des sols n'étant pas disponibles en milieu urbain, on fait ici le choix d'apprécier **la capacité des sols à exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel** grâce au **type de couverture des sols**.

### Indicateur associé :

Capacité des sols urbains à exercer tout ou partie des fonctions d'un sol naturel

Noté suivant 3 classes :

**Capacité optimale** : sols arborés dominants

**Capacité intermédiaire** : sols non arborés et non imperméabilisés dominants

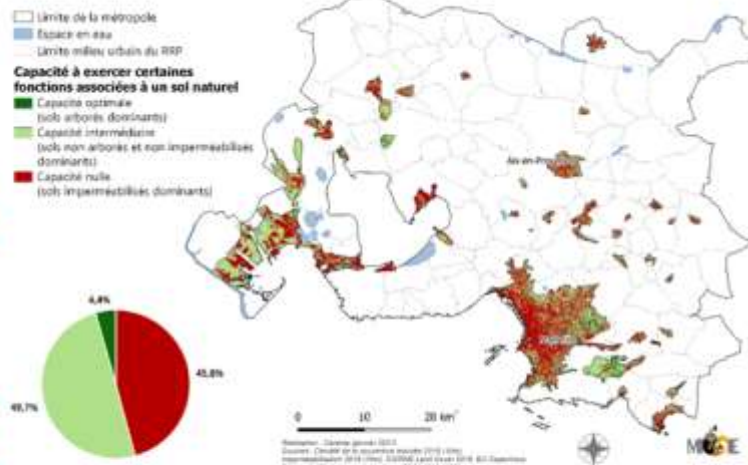
**Capacité nulle** : sols imperméabilisés dominants

## MÉTHODE EMPLOYÉE

La méthode consiste à déterminer l'occupation dominante des sols au sein du périmètre choisi en milieu urbain.

La capacité des sols à exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel est ainsi évaluée en partant du principe que **les sols urbains abritant de manière dominante une végétation de type arborée, seront considérés comme des sols profonds**. Dans ce cas, ils ont une capacité optimale à exercer toutes les fonctions associées à un sol naturel.

A contrario, **les sols à dominante imperméabilisée comme le bâti et les routes seront considérés comme des sols ayant une capacité nulle**. Entre les deux, les sols urbains dont la couverture dominante ne serait ni imperméabilisée ni arborée seront assimilés à des sols ayant une capacité intermédiaire à exercer certaines fonctions associées à un sol naturel.



▲ Représentation graphique en milieu urbain de la capacité des sols à exercer tout ou partie des fonctions d'un sol naturel à Marseille.

• Données caractérisant la capacité des sols urbains à exercer tout ou partie des fonctions d'un sol naturel :

Imperméabilisation (valeur en pourcentage du taux d'imperméabilisation) et densité du couvert arboré (niveau de densité de couverture forestière compris entre 0 et 100%)

Source : Corine Land Cover Haute Résolution, Copernicus

Quelques outils réglementaires pour protéger cette fonction :

- trame verte ;
- coefficient de biotope ou coefficient de pleine terre ;
- localisation, dans les zones urbaines, des terrains cultivés et des espaces non bâtis nécessaires au maintien des continuités écologiques ;
- article R151-43 du code de l'urbanisme : délimitation d'espaces et secteurs contribuant aux continuités écologiques ;

## ANNEXE 12 : ARTICLES INTERNET VALORISANT LES SEMINAIRES ET WEBINAIRES ORGANISES DANS LE CADRE DU PROJET

---

### Séminaire 1

#### Le Cerema co-anime avec la chambre d'agriculture de l'Indre un atelier sur la qualité des sols dans les documents d'urbanisme pour les chambres d'agriculture

Le 21 septembre 2018, le Cerema et la chambre d'agriculture de l'Indre ont organisé un atelier à destination des chambres d'agriculture (régionales et départementales), afin de réaliser un état des lieux de leurs pratiques d'intégration de critères de qualité des sols dans les documents d'urbanisme. Ce travail a été conduit dans le cadre d'un projet de recherche financé par l'Ademe et le Ministère de la cohésion des territoires.



Dans le cadre du projet MUSE, un large panel d'acteur est interrogé afin de réaliser un état de l'art de la prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme. Cela a conduit les partenaires du projet à organiser le 21 septembre dernier un premier atelier à destination des chambres d'agriculture via leur assemblée permanente (APCA). Cet atelier arrive en complément d'une enquête en ligne lancée en mai-juin 2018, qui a déjà permis d'obtenir des premières pistes d'analyse des pratiques existantes.



### La protection des sols et des sous-sols, pas de politique publique dédiée

Les études récentes ne cessent de démontrer que la consommation excessive, des terres agricoles, naturelles et forestières est un enjeu d'actualité pour le territoire français. Le plan biodiversité fixe l'objectif de 0 artificialisation nette.

Cependant, si la préservation des ressources naturelles ou encore du potentiel agronomique des sols ont été intégrés au code de l'urbanisme, les sols sont encore souvent appréhendés par le biais de contraintes réglementaires sectorielles dans les documents de planification.

Les zones humides, la biodiversité, les risques, notamment, sont des sujets opposables aux documents d'urbanisme et sont traités prioritairement et indépendamment par les collectivités ; ceci, au détriment d'une approche plus globale axée sur les caractéristiques des sols et leurs fonctions croisées avec les contraintes et enjeux du territoire, qui permettrait d'optimiser l'adéquation entre les caractéristiques des sols et leur usage.

## Pour les chambres d'agriculture, un positionnement entre bureau d'études et Personne Publique Associée

Les témoignages des chambres d'agriculture lors de cette journée ont pu montrer un double-positionnement :

- en tant que chambre consulaire, elles sont consultées pour avis sur le volet agricole des démarches de planification urbaine, d'urbanisme opérationnel et dans les dossiers d'études d'impact.
- certaines réalisent également des diagnostics agricoles à intégrer au diagnostic territorial, à l'échelle des PLU, PLUi et SCoT. Elles ont alors un rôle de bureau d'études auprès des collectivités.

Elles peuvent, par ailleurs, alimenter des Porter à Connaissance pour les Directions Départementales des Territoires (DDT).

De par leur positionnement, les chambres d'agriculture sont focalisées sur les sols agricoles et leur valeur agronomique ; elles sont détentrices de données nécessaires à la connaissance des sols. Actuellement certaines tendent vers une vision plus globale dans l'appréhension des enjeux liés aux sols.

## Les sols : une approche territoriale complexe- des enjeux multiples et parfois contradictoires

*En matière d'urbanisme, quelles sont les problématiques rencontrées ? Quelle perception du sol (patrimoine, enjeux, risques, opportunité...) par les acteurs ?*

Les témoignages des chambres d'agriculture mettent en avant les points suivants :

- Leur association est loin d'être systématique lors de l'élaboration des documents d'urbanisme,
- Elles sont le plus souvent consultées pour des diagnostics agricoles mais peuvent également être mobilisées sur des projets plus opérationnels - Etudes d'impacts de projets urbains, d'infrastructures linéaires sur l'agriculture...

Certaines privilégient une approche plus globale même si cette approche ne correspond pas totalement aux attentes des élus.

Il apparaît clairement pour les chambres d'agriculture un manque d'appropriation des aménités du sol par les décideurs : celui-ci est trop souvent perçu comme support de développement, avec un sentiment de « foncier illimité », surtout en milieu peu dense et peu tendu.

*« La perception est variable selon les collectivités, mais dans l'ensemble, en matière d'urbanisme le sol est souvent appréhendé à travers les possibilités de développement qu'il peut offrir à la collectivité. Ce sont souvent les notions d'opportunité, d'enjeux et de risques qui sont prises en compte. »*



intercommunale et communale. Ces cartes sont complétées par des mesures pour passer à l'échelle infra-communale (échelle du projet ZAC, carrières...)."

D'autres chambres d'agriculture mettent en avant les difficultés liées à un manque de précision de ces données pour correspondre aux demandes exprimées par les collectivités (jusqu'à la caractérisation à la parcelle).

C'est le cas d'une autre chambre qui dispose d'un référentiel pédologique au 1:250 000, d'études de sols éparses, d'analyses de sols, et de la connaissance des territoires par les conseillers de secteur. Ces données ont été valorisées de façon très synthétique dans une carte des potentialités agronomiques des sols.

*« ...Les données sols ne sont pas suffisamment précises pour être exploitable à l'échelle de documents de planification et notamment de plans locaux d'urbanisme. Les analyses, fosses pédologiques, ne sont pas assez nombreuses et ne « maillent » pas les territoires étudiés et notamment ceux à enjeux d'urbanisation. ... »*

La crainte d'une mauvaise utilisation de ces cartes est également remontée. Une chambre d'agriculture a reçu la demande d'identifier les terres présentant une excellente qualité agronomique. Sur un territoire dédié à l'élevage, et à la polyculture elle s'inquiète que cette cartographie ne permette pas de protéger de nombreux sols, intéressants sur d'autres critères que la qualité agronomique et indispensables au devenir des exploitations.

## Pour conclure...

Même si les chambres d'agriculture traitent des sols essentiellement à travers leur qualité agronomique, plusieurs font remonter la nécessité d'une approche plus globale. D'autres critères sont également à intégrer dans le choix de parcelles agricoles à préserver tels que l'irrigation, les AOC, certains types de cultures à haute valeur ajoutée, etc.

Des besoins différents apparaissent pour le milieu urbain et le périurbain/rural. La préservation de certaines parcelles agricoles en milieu urbain n'apparaît pas pertinente pour certaines chambres d'agriculture car représentent trop de contraintes d'exploitation en lien avec le risque sanitaire notamment. À l'inverse, des demandes émergent avec le développement de l'agriculture urbaine.

La préservation des sols sur le seul critère de leur valeur agronomique, comme sur des critères de préservation d'espaces naturels de haute qualité (zones humides par exemple) est, pour ces acteurs, insatisfaisante. La question des arbitrages dans les démarches d'urbanisme est essentielle :

- globalement, pour la préservation de l'activité agricole face aux autres activités économiques,
- ou pour la préservation de parcelles à enjeux agronomiques ou environnementaux sur les territoires.

La journée fait apparaître le besoin de méthodologies permettant d'orienter ces arbitrages en faveur d'un aménagement durable.

## Ressources

Rapport CGEDD-CGAER, 2015. Proposition pour un cadre national de gestion durable des sols <https://agriculture.gouv.fr/propositions-pour-un-cadre-national-de-gestion-durable-des-sols>

## Séminaire 2

### Première journée d'échange avec les collectivités dans le cadre du projet Muse : qualité des sols et documents d'urbanisme

Le 19 novembre 2018, le Cerema a organisé avec les partenaires du projet MUSE un premier atelier d'échanges « qualité des sols et documents d'urbanisme » à destination des collectivités. Ce travail a fait suite à une enquête en ligne et une série d'entretiens réalisés au cours de l'été 2018. Il vise à débiter le processus de co construction avec les collectivités d'une méthode opérationnelle de prise en compte de la qualité des sols dans les plans locaux d'urbanisme.



### Les besoins des collectivités pour améliorer la prise en compte de la qualité des sols dans leurs PLUi

Amenés à s'exprimer par différentes méthodes collaboratives, les participants ont exprimé des préoccupations récurrentes tout au long de la journée. Celles-ci donnent à voir les multiples **définitions** que chacun donne à la **qualité des sols**.

Cette perception des sols dans le document d'urbanisme, et plus particulièrement le **plan local d'urbanisme à l'échelle intercommunale (PLUi)**, reste encore très centrée sur les thématiques de **l'alimentation** et de **l'agriculture**, ainsi que de la limitation de **l'étalement urbain**...



*Comment limiter les zones à urbaniser en extension ?*

*Comment permettre l'installation et le maintien d'exploitations agricoles ?*

*Comment densifier quand le foncier semble illimité et que cette densification ne semble pas correspondre à la demande des habitants ?*

...même si les questions de la protection des zones humides, de la préservation de la ressource en eau et de l'imperméabilisation apparaissent dans les échanges.

## L'actualité législative

Le principe de lutte contre l'étalement urbain et la nécessité de densifier sont réaffirmés par la loi ELAN à travers la création de plusieurs outils et des mesures spécifiques pour l'aménagement commercial. En parallèle, la mise en œuvre du plan biodiversité s'organise avec un travail interministériel visant à :

- mieux qualifier la notion d'artificialisation,
- la création d'un comité pour l'économie verte,
- les premières réflexions sur le concept d'urbanisme circulaire – recycler le bâti, favoriser le renouvellement urbain, le réemploi des matériaux et des terres...

Malgré ces avancées législatives, la nécessité demeure de faire converger les différentes politiques sectorielles relatives aux sols sans alourdir les procédures d'élaboration des documents d'urbanisme.

## Une sensibilisation massive nécessaire pour « inverser le regard » par la méthode du « photolangage »



par la méthode du « photolangage », les participants ont été amenés à s'exprimer sur les besoins actuels des collectivités, mais également les initiatives déjà lancées pour favoriser la préservation de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme.

Une prise de conscience semble s'être opérée sur la valeur des espaces naturels, souvent considérés comme des éléments culturels sur lesquels les élus se rejoignent (parmi les exemples cités : la Vallée de l'Indre, considérée comme d'une grande valeur par la présence de ses zones humides.)

Cette prise de conscience peut provenir d'une sensibilisation aux coûts liés, à l'impact du projet sur la biodiversité et à la mise en œuvre de mesures compensatoires dans l'évaluation environnementale des PLU(i).

Mais il subsiste des freins liés à la manière de concevoir les projets de territoire, pour lesquels des outils pédagogiques seraient à construire afin :

- d'inverser le regard dans la construction du projet, en partant des espaces cultivés et naturels à préserver, notamment lorsqu'aucune barrière géographique ne limite l'urbanisation en extension,
- de trouver des formes urbaines qui permettent de densifier tout en répondant aux attentes des habitants venant s'installer dans le milieu rural :

*« la demande en logement est à 95 % sur l'individuel, le collectif ne se produit pas, les promoteurs ne s'y risquent pas, car cela ne se vend pas ! » :*

- de sortir de l'idée fausse que la consommation d'espace peut encore apporter de la population.
- d'accompagner les mutations agricoles : le nombre d'exploitations agricoles diminue, et les besoins changent (moins d'élevage, abandon des fermes à l'intérieur des villages, besoin d'accompagner les circuits courts...)

Mais le PLU(i) est un exercice contraint financièrement et temporellement. Les bureaux d'études sont encore peu outillés pour à la fois adapter le document aux enjeux spécifiques du territoire et aborder des

thématiques nécessitant des compétences pointues à articuler avec de nombreuses autres (énergie, paysage...).

*Les collectivités présentes regrettent que le technicien assembleur du PLU(i) ait « parfois du mal à recoller tout ce qui est fait sur le territoire en matière d'expertise ». Cela est d'autant plus vrai dans les grosses collectivités, où les rôles de chargés de mission sont thématiques et sectorisés.*

### Présentation des résultats de l'enquête en ligne menée auprès des collectivités

Enquête menée en juin 2018 auprès de 52 collectivités membres du Club PLUi pour réaliser un premier état des lieux des pratiques des collectivités en matière de prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme (PLU(i)).

[resultats\\_questionnaire\\_collectivites\\_MUSE\\_F.Marseille19112018.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats_questionnaire_collectivites_MUSE_F.Marseille19112018.pdf)

[http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats\\_questionnaire\\_collectivites\\_MUSE\\_F.Marseille19112018.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats_questionnaire_collectivites_MUSE_F.Marseille19112018.pdf)

### Présentation des résultats de l'enquête en ligne menée auprès des collectivités

Enquête menée en juin 2018 auprès de 52 collectivités membres du Club PLUi pour réaliser un premier état des lieux des pratiques des collectivités en matière de prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme (PLU(i)).

[resultats\\_questionnaire\\_collectivites\\_MUSE\\_F.Marseille19112018.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats_questionnaire_collectivites_MUSE_F.Marseille19112018.pdf)

[http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats\\_questionnaire\\_collectivites\\_MUSE\\_F.Marseille19112018.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2019/01/resultats_questionnaire_collectivites_MUSE_F.Marseille19112018.pdf)

## Pourquoi protéger le sol ? Comment intégrer ses « utilités » dans le document d'urbanisme ?

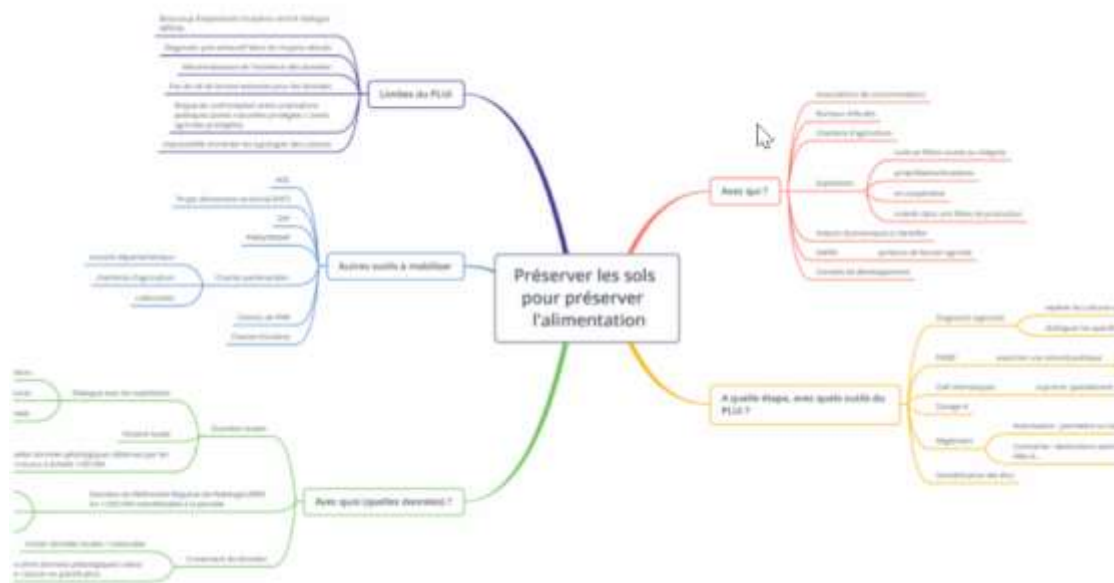
Les participants de la journée ont pu s'exprimer lors d'un temps de travail sur les fonctions relatives au sol, et étudier la manière dont celles-ci peuvent être mises en valeur dans le PLU(i).



L'illustration ci-après présente les différentes fonctions auxquelles les participants ont pensé ; ce schéma est le résultat brut des échanges, et ne reflète pas les préoccupations des collectivités de manière exhaustive.

documents d'urbanisme tels que les PLUi pour favoriser la fonction traitée (en l'occurrence, l'alimentation).

Les participants ont ensuite travaillé sur les éléments permettant la préservation de certaines de ces fonctions tels que l'alimentation, l'habitat pour la biodiversité des sols, le support de vie humaine, dans les PLUi. La carte mentale suivante est un exemple de résultat obtenu dans cette séquence et là encore ne montre pas l'exhaustivité des possibilités offertes dans la démarche de



**Quelques éléments de synthèse à retenir pour la suite du projet MUSE**

**La nécessité d’aller vers des systèmes d’analyse / des indicateurs peu consommateurs de temps pour les collectivités : MUSE doit permettre de systématiser l’obtention et l’analyse des données avant tout ;**

**La nécessité de bien communiquer autour des indicateurs qui seront créés, ainsi que sur les données pour les renseigner ; de nombreuses difficultés sont évoquées pour manipuler des indicateurs : faut-il construire des indicateurs par objectifs ? Globaux ?**

**L’importance de l’animation des démarches territoriales : accompagner les collectivités dans les discussions inter-services;**

**Les préoccupations des collectivités semblent assez proches de celles de chambres d’agriculture (voir atelier du 21 septembre avec l’APCA) et finalement des publics qui pourraient être rassemblés lors des prochains échanges ;**

**L’importance de scinder les livrables du projet selon les cibles : Une méthode pour les techniciens, des livrables de sensibilisation pour les élus par exemple.**

La journée a réuni un représentant de Parc Naturel Régional (PNR), deux agglomérations, l’association Terres en Ville, l’Institut Régional de Développement Durable de Normandie (IRD2), l’État (DHUP), et des

**Ressources**

En complément, consultez le rapport d’information sur le foncier agricole, déposé à l’Assemblée Nationale le 5 décembre 2018 et rédigé par Anne-Laurence Petel et Dominique Potier.

Il fait le point sur :

- les menaces qui pèsent sur la ressource sol et sa fonction d’alimentation à travers l’artificialisation
- les outils de régulation du foncier existant, dont la planification territoriale, pour faire face à cette menace

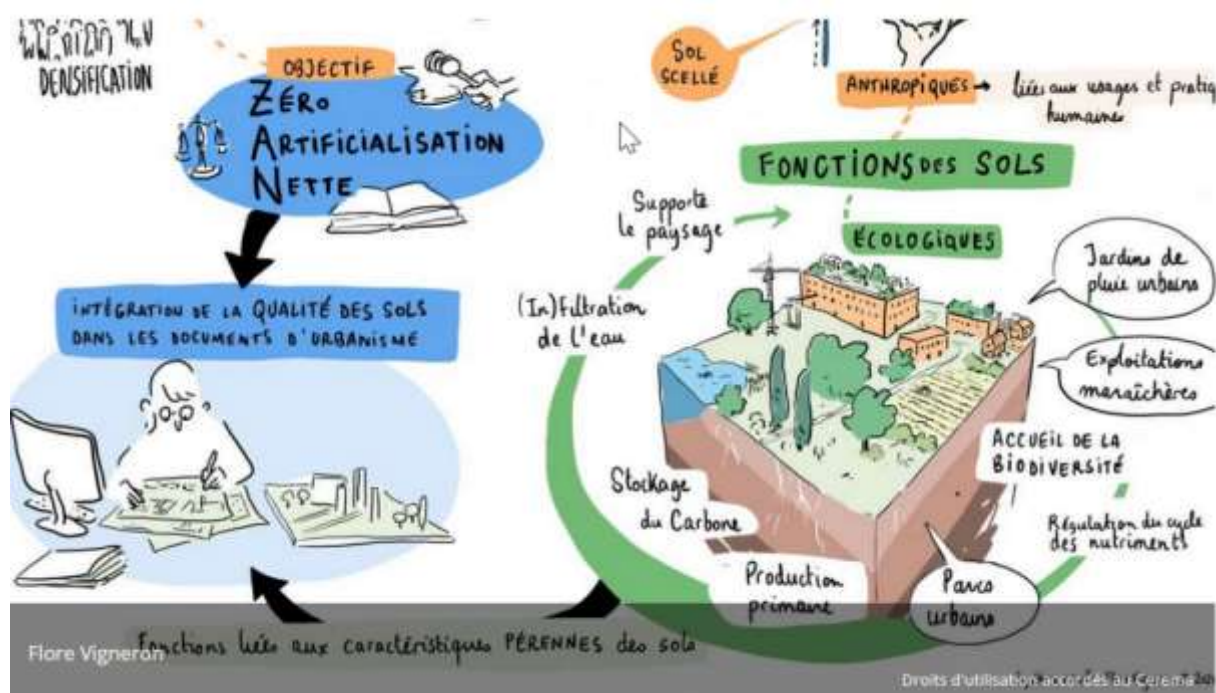
Rapport d’information sur le foncier agricole <http://www.assemblee-nationale.fr/15/pdf/rap-info/i1460.pdf>

membres du groupement de recherche (Chambre d'agriculture de l'Indre, BRGM,IRSTV-IFSTTAR, Université Aix Marseille, Cerema).

## Webinaire 1

### L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme : retour sur le webinaire du 29 janvier

Le 29 janvier 2021 a eu lieu le deuxième atelier organisé par les partenaires du projet MUSE. Il a réuni des représentants de collectivités, services de l'Etat, et acteurs concernés par l'élaboration des PLU(i) et SCoT. Cet atelier en ligne a fait l'objet d'une première présentation de la méthodologie de prise en compte de la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme.



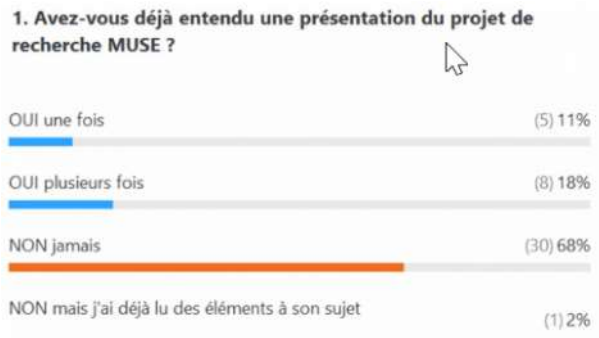
Ce webinaire a permis :

- De faire un état des lieux des questionnements associés à la mise en œuvre de l'objectif affiché dans le Plan Biodiversité de 2018 de Zéro Artificialisation Nette dans les démarches locales de planification, et des besoins engendrés en matière de connaissance des sols.
- D'analyser l'intérêt de la méthodologie proposée dans le projet de recherche MUSE en réponse à ces besoins.

Mise en regard du projet MUSE avec l'actualité législative du ZAN et retour des acteurs de l'aménagement urbain sur le projet

## Résultats du sondage

Organisé avec des techniques collaboratives, ce webinaire a réuni 80 participants de structures et de compétences variées : services de l'Etat, bureaux d'études privés, collectivités porteuses de documents d'urbanisme, techniciens du domaine de l'environnement ou de l'aménagement, chercheurs...



Le sondage introductif a révélé une méconnaissance du projet de recherche, l'objectif rencontrant ainsi son public.

## 1er temps : Actualité législative du ZAN et lien avec le projet MUSE

Béatrice Béchet<sup>21</sup>, directrice de l'IRSTV, université Gustave Eiffel et Fabienne Marseille, directrice de projets au Cerema, ont présenté le contexte scientifique, législatif et juridique du ZAN.

Elles ont mis en lumière :

- Le changement de paradigme induit par l'évolution de la définition de l'artificialisation, qui nécessite de passer d'une vision foncière du sol à une vision de la ressource sol en 3 dimensions.
- La nécessité de relier occupation et usage des sols avec leurs fonctions et les services qu'ils rendent.
- Le besoin de caractériser et prendre en compte ces fonctions à toutes les échelles de l'aménagement.



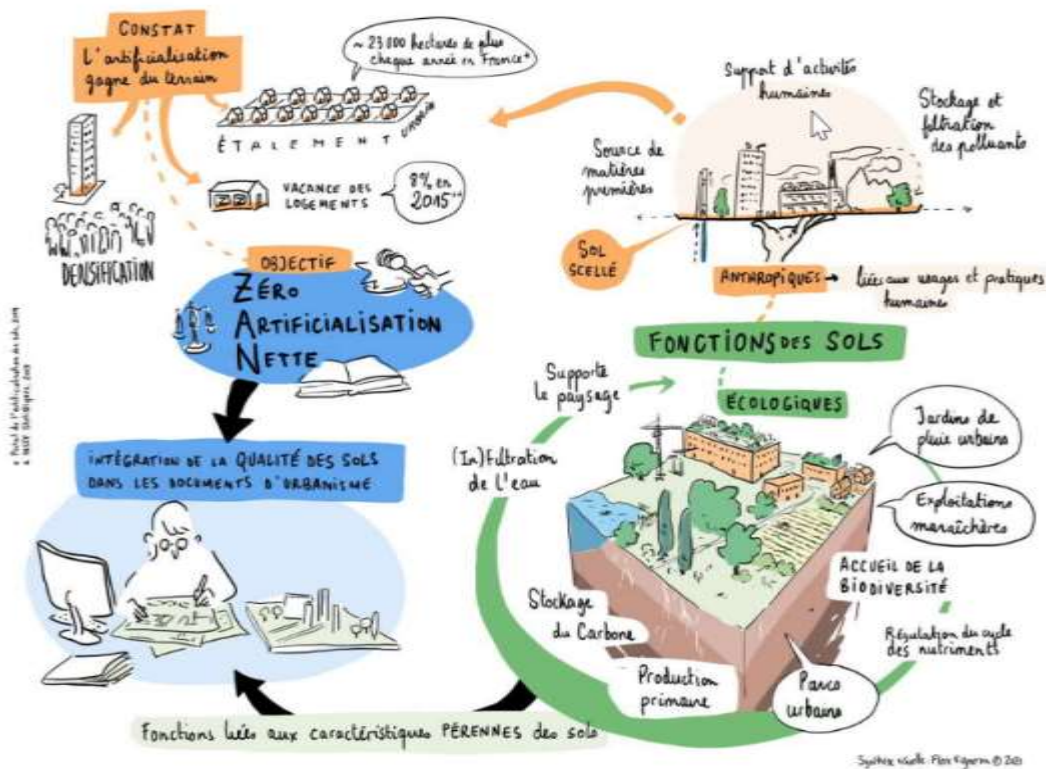
<sup>21</sup> Institut de recherche sur les sciences et techniques de la ville (FR CNRS 2488)

Les participants ont ensuite été interrogés sur les enjeux de leurs territoires vis-à-vis des sols et leur perception de l'évolution des pratiques suite à la mise en œuvre du ZAN.

Ce premier temps a fait remonter de nombreuses questions en lien avec la **définition de l'artificialisation en cours d'écriture dans le projet de loi Convention Citoyenne pour le Climat**.

L'absence de méthodes partagées de caractérisation de l'artificialisation, et d'indicateurs associés font notamment l'objet d'inquiétudes de la part des porteurs de SCoT et PLU(i).

Préserver les zones humides	(20/47) 43%
Préserver les terres agricoles	(26/47) 55%
Préserver les forêts, prairies (stockage carbone)	(12/47) 26%
Limiter la consommation foncière, étalement urbain	(38/47) 81%
Gérer le risque inondation	(15/47) 32%
Gérer le risque sanitaire lié à la pollution des sols	(3/47) 6%

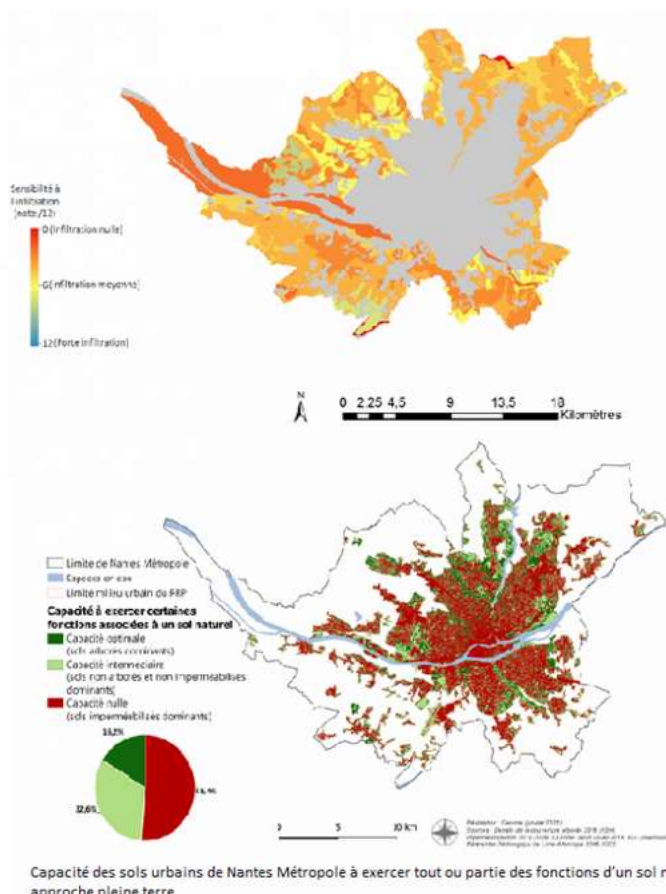


## Zéro Artificialisation Nette (ZAN) : actualités

Présentation du contexte législatif ZAN et fonctions du sol.

[http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/02/fmarseille\\_bbechet\\_zan\\_muse\\_29012021\\_partie1.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/02/fmarseille_bbechet_zan_muse_29012021_partie1.pdf)

2ème temps : Présentation des premiers éléments de la méthodologie MUSE pour caractériser la qualité des sols à travers leur multifonctionnalité



Capacité des sols urbains de Nantes Métropole à exercer tout ou partie des fonctions d'un sol naturel : approche pleine terre

L'objectif de cette méthodologie est la construction d'un ensemble d'indicateurs permettant de caractériser la multifonctionnalité des sols ; ceci afin d'améliorer la prise en compte des sols dans le document d'urbanisme et d'encourager à l'acquisition de connaissances nouvelles.

Cette méthodologie se veut :

- Reproductible : applicable sur tout le territoire métropolitain français.
- Opérationnelle : appropriable par les collectivités d'où l'importance de temps d'échanges pour favoriser la co-construction

Les participants ont été invités à réagir sur cette proposition de méthodologie en indiquant l'intérêt qu'elle revêtait dans leurs démarches, mais aussi les limites identifiées et les pistes d'amélioration.

Les participants relèvent notamment :

- L'intérêt des approches complémentaires pour couvrir tout le territoire.
- L'apport de clarté dans la connaissance des sols, et notamment la disponibilité des données, pas toujours connue dans les collectivités.
- Les pistes que fournissent les cartes pour éclairer les choix en matière de localisation de l'urbanisation.

A l'heure actuelle, certaines difficultés ou questionnements émergent cependant pour les techniciens présents :

- L'importance d'accompagner cette méthode de pédagogie pour l'appropriation par les élus.
- Le choix des indicateurs sélectionnés.
- Le lien à faire localement entre la pondération des fonctions et les enjeux de chaque territoire.

Les participants se questionnent enfin sur l'intérêt de croiser les démarches scientifiques et techniques de mise en œuvre du ZAN et de caractérisation de la multifonctionnalité des sols : enrichissement de

Actuellement, la réflexion se porte sur deux approches différentes et complémentaires :

- Une méthode spatialisée basée sur des données disponibles à l'échelle nationale pour le milieu rural et périurbain : les Référentiels Régionaux Pédologiques (1/250 000, certaines données plus fines étant disponibles localement)
- Une approche spécifique au milieu urbain mettant en lien la capacité des sols à exercer certaines fonctions à partir de la spatialisation de la « Pleine Terre ». Cette approche nécessite de définir précisément la « Pleine Terre », notion d'ores et déjà utilisée de manière hétérogène dans les documents d'urbanisme.



## LES DIFFÉRENTES APPROCHES DE LA MÉTHODOLOGIE MUSE



### Présentation de la méthodologie MUSE

[http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/02/pbranchu\\_zan\\_muse\\_29012021\\_partie\\_2.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/02/pbranchu_zan_muse_29012021_partie_2.pdf)

#### Liens utiles

Référentiel pédologique national / contacts pour chaque région sur le même site

<https://www.geoportail.gouv.fr/>

Outil GEOREFERSOLS pour rechercher les études pédologiques disponibles

<https://webapps.gissol.fr/georefersols/>

Pour toutes les questions relatives aux cartes de sols, contacter l'unité Infosol

[infosol@inrae.fr](mailto:infosol@inrae.fr)

BD SOLU, base de données en constructions sur les sols urbains

<http://www.bdsolu.fr/>

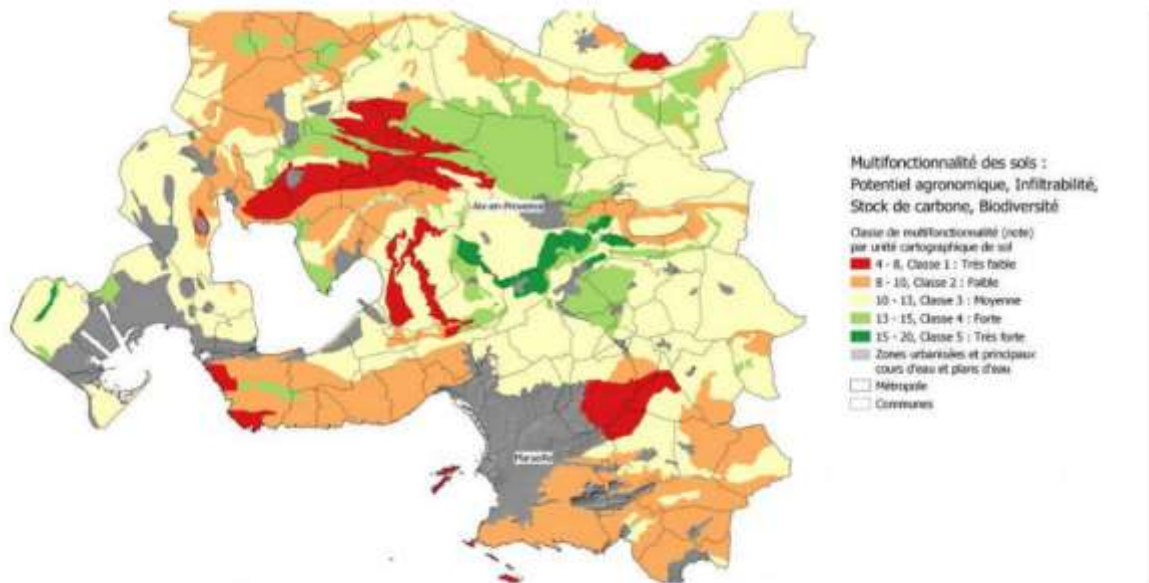
Documents sur l'expertise scientifique Collective (ESCO) sur l'artificialisation

<https://www.inrae.fr/actualites/sols-artificialises-processus-dartificialisation-sols>

## Webinaire 2

### Qualité des sols dans les documents d'urbanisme : retour sur le webinaire consacré aux apports du projet MUSE pour les collectivités

Les partenaires du projet de recherche MUSE qui a pour objectif d'intégrer les fonctions des sols dans les documents d'urbanisme, ont organisé le 2 juillet 2021 un webinaire qui a permis d'échanger sur les apports méthodologiques du projet dans la pratique.



Le 2 juillet 2021 a eu lieu le dernier atelier organisé par les partenaires du projet MUSE proposant une approche pour intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme. Jusqu'à 65 personnes ont participé à l'atelier qui a réuni des représentants de collectivités et d'autres acteurs concernés par l'élaboration des PLU(i) et de SCoT. Des représentants des 3 métropoles partenaires du projet étaient également présents pour partager leur avis sur l'utilisation des cartes d'indicateurs de multifonctionnalité des sols, et plus largement sur l'approche adoptée dans le projet MUSE. Chaque participant a pu exprimer ses intérêts et points de vigilance par rapport à la méthode proposée.

En amont du webinaire, les participants ont été sondés sur leurs attentes vis-à-vis de l'atelier : Un besoin important de méthodologie pour mieux prendre en compte les fonctions des sols dans l'aménagement du territoire est identifié. Le lien entre l'approche développée dans le projet MUSE et la mise en œuvre de l'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN) apparaît clairement.

L'intérêt des participants pour comprendre quelle est la répliquabilité de la méthode à différentes échelles ainsi que son applicabilité à d'autres territoires ressort également.

Les participants étaient désireux de découvrir le retour d'expérience des 3 collectivités partenaires ayant pris connaissance des cartes issues de l'application de la méthode sur leur territoire. Enfin, des attentes ressortent sur les échéances de mise à disposition de la méthodologie. On perçoit ainsi un intérêt certain pour l'opérationnalité de la méthode proposée et ses perspectives d'applications concrètes sur le terrain.



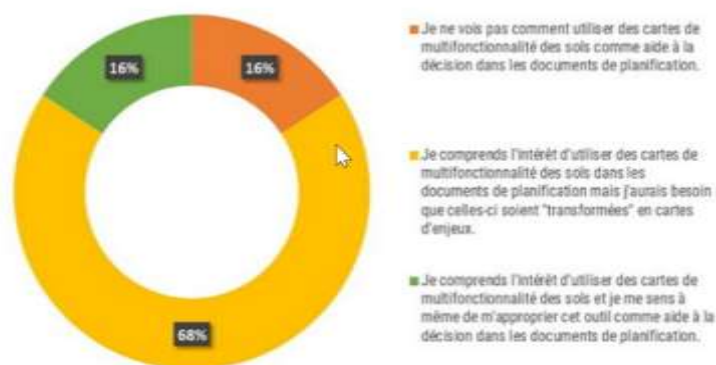
MUSE, COMME UNE BRIQUE ?  
POUR LE ZAN

© Flore Vigneron

## 1er temps : résultats du questionnaire de préparation du webinaire

Un questionnaire a été transmis en amont du webinaire. Parmi les 19 participants qui ont répondu, une majorité travaille au sein de collectivités. Ont notamment répondu 10 personnes travaillant dans un EPCI, la plupart au service de l'urbanisme. Le questionnaire met en évidence que même si beaucoup de collectivités commandent des données sur les "sols", peu s'en servent comme un véritable outil d'aide à la décision.

Sur l'utilisation d'outils cartographiques relatifs à la multifonctionnalité des sols :



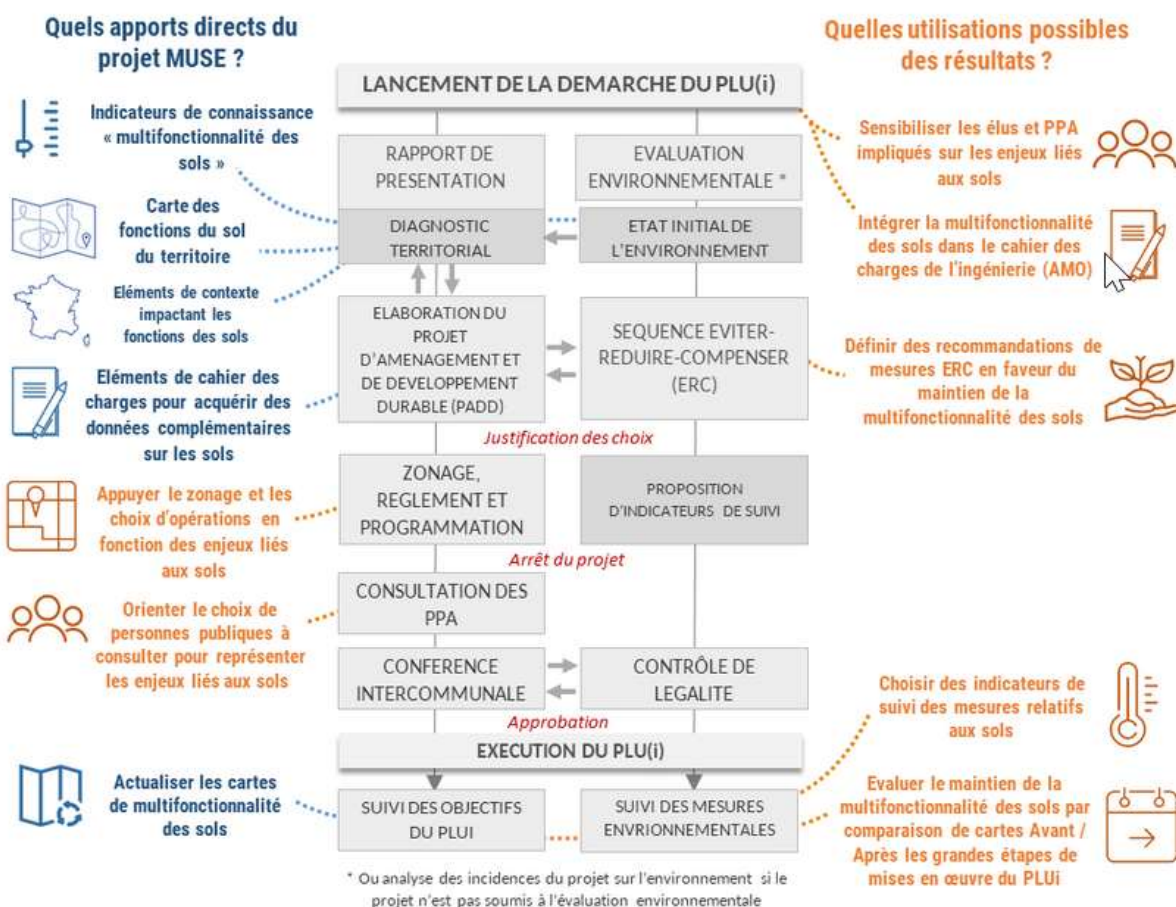
Or, l'approche MUSE a notamment pour objet d'aider les collectivités à la conscientisation des enjeux liés au sol. Elle propose des outils cartographiques facilement appropriables et modulables en fonction des enjeux du territoire. Il ressort ainsi un intérêt du projet MUSE pour mieux utiliser ou compléter les données sur les sols, dans le cadre de l'élaboration d'un PLU(i).

S'agissant de l'approche cartographique proposée, la majorité des personnes interrogées comprennent l'intérêt d'utiliser des cartes caractérisant la multifonctionnalité des sols dans les documents de planification. Cependant, afin de se les approprier plus facilement, elles auraient besoin que ces cartes soient déclinées sous la forme de cartes d'enjeux.

Concernant les ressources à mobiliser pour prendre en compte la qualité des sols dans les documents d'urbanisme, la majorité des répondants considère que leur collectivité manque de temps et de moyens humains pour appliquer une approche telle que celle proposée dans le projet MUSE.

Seules 16% des collectivités disposeraient des moyens nécessaires pour traiter la question des sols au moment du démarrage du PLUi. Aucune ne disposerait des moyens suffisants pour traiter cette question en amont de son élaboration. Face à cette difficulté, l'intérêt de disposer des cartes issues de l'approche MUSE au début de la démarche d'élaboration du PLUi a été souligné. Pour de nombreuses collectivités, il serait crucial de mettre à disposition de telles cartes relatives aux sols sur une plateforme ouverte, afin de permettre leur prise en compte et de rendre beaucoup plus accessible les informations sur les sols utiles à l'élaboration des PLUi.

## 2ème temps : Apports de la méthode MUSE pour l'élaboration des PLUi



Philippe Branchu et Fabienne Marseille, co-pilotes du projet MUSE ont explicité la manière dont la caractérisation de la multifonctionnalité des sols pouvait être intégrée dans la démarche d'élaboration des PLUi(i) ; ceci à toutes les étapes de l'élaboration du PLUi. Sont ainsi concernés le diagnostic territorial, les choix effectués dans le Projet d'aménagement et de développement durable (PADD) et le règlement, les Orientations d'Aménagement Prioritaire (AOP) ainsi que la séquence Eviter, Réduire, Compenser.

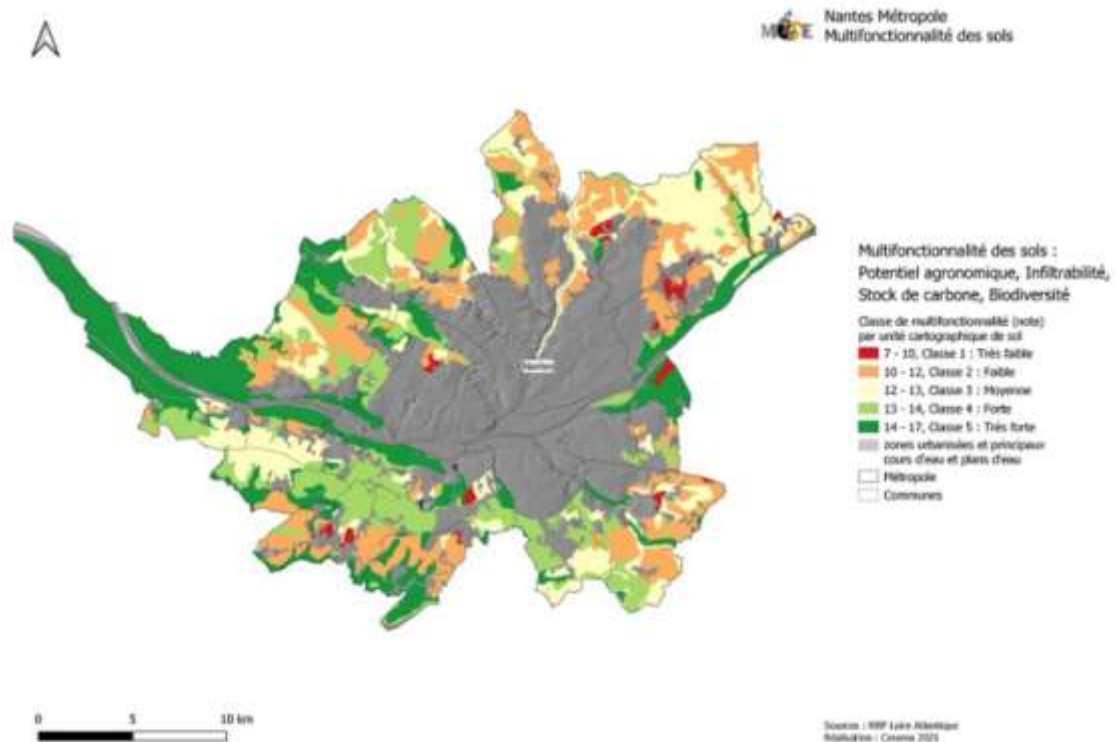
En permettant de caractériser les fonctions des sols dans l'état initial de l'environnement, la méthodologie MUSE permet d'alimenter le diagnostic territorial.

Les 4 fonctions des sols considérées sont les suivantes :

- la régulation du cycle de l'eau,
- la production de biomasse,
- le réservoir de carbone

- le réservoir de biodiversité.

## Carte de la multifonctionnalité des sols à Nantes



Ces fonctions sont spatialisées grâce au calcul des 4 indicateurs correspondants : infiltrabilité, aptitude agronomique, stock de carbone organique, abondance et diversité lombriciennes. D'autres indicateurs sont également proposés pour répondre à des enjeux particuliers tels que la réserve utile ou le pouvoir épurateur des sols. Des cartes présentant les contraintes pente et salinité, pouvant impacter certaines de ces fonctions, sont également produites pour compléter la caractérisation des sols.

Les fonctions sont ensuite agrégées en une carte de multifonctionnalité des sols. Cette carte de multifonctionnalité ainsi que les 4 cartes de fonctions des sols sont directement intégrables au diagnostic territorial.

Ces éléments peuvent également être utilisés pour construire le projet de territoire. De manière globale, ils peuvent aider à :

- identifier les zones de sols les plus multifonctionnelles importantes à préserver,
- localiser les zones où les sols présentent les fonctions les plus à même de répondre à un enjeu spécifique, tel l'infiltration de l'eau, par exemple.



↳ Flore Vigneron

(degré d'imperméabilisation et pourcentage de couvert arboré). Ces 2 paramètres sont des données satellitaires accessibles dans toute l'Europe.

La méthode MUSE fournit également des indicateurs de contexte, caractérisant des typologies de territoires à l'échelle nationale, tels que la pression démographique, la pression foncière, le vieillissement de la population...

#### Carte des typologies des territoires

[https://cerema-med.shinyapps.io/typologie\\_muse/](https://cerema-med.shinyapps.io/typologie_muse/)

L'approche MUSE offre enfin des éléments de cahier des charges pour acquérir des données complémentaires sur les sols afin d'obtenir une caractérisation plus fine en particulier dans les zones à enjeux nécessitant une meilleure résolution notamment dans les OAP.

Parmi les apports indirects du projet MUSE, il est remarqué que la méthode proposée apporte des connaissances sur la qualité des sols intégrant des indicateurs peu usuels (tel que la biomasse du sol), qui devraient faciliter la sensibilisation des élus sur les enjeux liés à la "ressource sol". En cela, cette approche fournit les bases d'un véritable accompagnement des collectivités pour répondre à l'enjeu de la préservation des sols.

La finalisation du projet MUSE s'opère dans un contexte particulier, celui de la mise en œuvre de l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) porté par le projet de loi "Climat et Résilience". Le lien entre la méthode MUSE et l'objectif ZAN a fait l'objet d'un précédent séminaire : "L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme : retour sur le webinaire du 29 janvier"

L'objectif ZAN, un levier pour l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme : retour sur le webinaire du 29 janvier

<https://www.cerema.fr/fr/actualites/objectif-zan-levier-integration-qualite-sols-documents?folder=4232>

La méthode se base sur des données disponibles à l'échelle nationale pour le milieu rural et périurbain : les Référentiels Régionaux Pédologiques (1/250 000ème, certaines données plus fines étant disponibles localement). En raison de l'absence de données dans l'enveloppe urbaine, une approche spécifique à ce milieu est développée à partir de la capacité d'un sol à exercer tout ou partie des fonctions associées à un sol naturel. La capacité optimale peut être identifiée comme "Pleine Terre". Cette approche nécessite de définir précisément la notion de "Pleine Terre", déjà utilisée sous diverses formes dans les documents d'urbanisme.

Selon la définition apportée par le projet MUSE, la "Pleine Terre" est un sol urbain en capacité d'exercer tout ou partie des fonctions d'un sol naturel. L'hypothèse est faite que la profondeur du sol est généralement liée à sa couverture

### 3ème temps : Retours d'expérience de 3 collectivités partenaires

La méthode MUSE s'est construite en intégrant les échanges avec 3 collectivités partenaires aux territoires et aux enjeux très contrastés. Des représentants de Nantes Métropole, Châteauroux Métropole et de la Métropole Aix-Marseille-Provence ont été invités à faire part de leur retour

d'expérience concernant la façon dont ils se sont appropriés la méthode et les cartes élaborées sur **leur territoire**.

## **Nantes Métropole : MUSE, une vision intégrée des sols utiles à la mise en œuvre du ZAN et pour appuyer des opérations de désimperméabilisation**

Plusieurs éléments ont été mis en avant :

- Le PLUm (Plan Local d'Urbanisme métropolitain) de Nantes Métropole est opposable depuis avril 2019 et comporte une OAP "Trame Verte et Bleue et paysage" qui témoigne de la préoccupation de la métropole pour son patrimoine naturel et du caractère structurant de ces trames, sur le territoire (cf. Projet Etoile verte),
- Pour la collectivité, l'approche multicritères de MUSE permet une meilleure connaissance des sols du territoire sur les espaces agricoles et sur les espaces urbanisés. La méthode met en perspective la séquence Eviter-Réduire-Compenser de la démarche de planification du territoire.
- La vision macroscopique des données sur les sols, offerte par l'approche MUSE, permet selon Nantes métropole d'identifier facilement des secteurs de sols à fort / faible potentiel, ce qui devrait ensuite faciliter la mise en œuvre de l'objectif ZAN.
- D'après les premiers calculs, la carte de multifonctionnalité conforte globalement ce qui est actuellement prescrit dans le PLUm. Par exemple, les zones humides, dont le rôle est déterminant au sein de la métropole, sont bien repérables, mais leur représentation manque parfois de finesse. Un questionnement est émis concernant la pertinence de l'échelle de 1/250 000ème qui n'est pas appropriée pour travailler précisément à l'échelle de quartiers.
- La métropole se propose de répliquer la méthode de cartographie de la qualité des sols en interne pour évaluer sa facilité de mise en œuvre. Ceci lui permettra de réaliser des cartes d'enjeux et d'utiliser la donnée pour prouver qu'un sol est potentiellement de qualité dans un projet d'aménagement. Cela permettra également de prioriser les opérations de désimperméabilisation/ renaturation.
- Une intégration des résultats de MUSE est prévue en amont sur la construction du diagnostic territorial et du PADD lors d'une prochaine révision du PLUm.

Au-delà du retour effectué en direct par la collectivité lors du webinaire, un atelier plus approfondi a été mené le 9 juin 2021, qui a conduit à l'illustration suivante réalisée par Flore Vigneron, facilitatrice graphique :



## Châteauroux métropole : l'approche MUSE comme élément pédagogique pour préserver les sols agricoles et balayer quelques idées reçues

Le retour d'expérience de Châteauroux Métropole, dont le PLUi est opposable depuis 2020, comprenait plusieurs points :

- L'approche MUSE permet d'avoir une meilleure connaissance du territoire en balayant des idées reçues telles que le manque de biodiversité des zones de grandes cultures ou au contraire l'importante biomasse des sols forestiers. Le projet apporte aussi une dimension qualitative alors que jusqu'à présent la collectivité abordait la question des sols de manière quantitative, au travers de la consommation d'espace.
- MUSE permet également de décloisonner les thématiques, notamment au travers de la carte de multifonctionnalité.
- La métropole souligne un point de vigilance : la carte de multifonctionnalité seule risque d'être utilisée par les élus sans établir de liens entre les fonctions des sols et les enjeux spécifiques du territoire. Cela pourrait conduire à condamner certains sols dont les fonctions répondent bien à ces enjeux mais qui n'obtiennent pas un indice de multifonctionnalité élevé.
- Il serait intéressant, du point de vue de la collectivité d'intégrer de telles cartes de multifonctionnalité dans le diagnostic du Schéma de Cohérence territoriale, soit à une échelle plus large et à un niveau encore plus stratégique que celui du PLUi ; Au-delà, ces cartes trouveraient leur place dans les porter-à-connaissance des services de l'État, en amont des démarches de planification de l'aménagement du territoire.
- La métropole appuie enfin sur le fait que ces nouveaux indicateurs nécessitent beaucoup de pédagogie et qu'ils sont à croiser avec d'autres enjeux, techniques ou économiques : proximité des réseaux, desserte des parcelles, maîtrise foncière...

Au-delà du retour effectué en direct par la collectivité lors du webinaire, un atelier plus approfondi d'échanges autour de la méthodologie du projet MUSE a été mené le 18 juin 2021 et a conduit à l'illustration suivante, réalisée par Flore Vignerone :



## Métropole Aix-Marseille-Provence : conscientiser l'importance des sols, un préalable à l'utilisation de la méthode

Les remarques de la Métropole Aix-Marseille-Provence étaient les suivantes :

- L'étendue de la métropole s'apparente plus à un petit département dont l'étalement historique est directement lié à la situation multipolaire de l'habitat et aux contraintes géographiques biophysiques (massifs naturels de Provence). L'origine de l'attention portée aux sols est apparue dans les différents conseils de territoire et le travail de déclinaison aux différentes échelles territoriales est en cours.
- À l'heure d'un dérèglement climatique accru et des injonctions liées au ZAN et à la loi Climat, la métropole se sent désarmée en matière d'ingénierie pour intégrer la qualité des sols dans l'aménagement du territoire. Selon la collectivité, l'approche MUSE est donc importante pour décrypter l'objectif ZAN et pour l'introduire dans la séquence éviter-réduire-compenser lors de l'élaboration des documents d'urbanisme. Il faudrait en 1er lieu une ingénierie reformatée qui intègre la question du vivant dans les documents de planification et de gestion des territoires à partir des connaissances sur les sols.
- La métropole souligne de plus que la montée en connaissance sur les sols est un avenir à construire. Pour ce faire, il apparaît pertinent de construire des liens entre laboratoires scientifiques et ingénierie des territoires.

La collectivité a également mené un atelier plus approfondi a été mené le 15 juin 2021 qui a conduit à la réalisation de l'illustration suivante réalisée par Flore Vigneron, facilitatrice graphique.



#### 4<sup>ème</sup> temps : Retour des participants sur les apports indirects de la méthodologie MUSE

Plusieurs questions ont été posées aux participants :

1. Selon vous, quel est l'intérêt de l'approche MUSE ?

- MUSE peut constituer une première approche pour répondre à l'objectif ZAN et mettre en œuvre la séquence ERC en parallèle de l'élaboration des documents d'urbanisme.

- La méthode permet de croiser et de superposer les enjeux pour les prioriser. Leur spatialisation permet de comprendre les impacts d'une décision à l'échelle territoriale. La cartographie et les indicateurs facilitent l'interprétation des données. Toutefois, un risque de raccourcis est identifié : il est nécessaire de ne pas regarder uniquement la carte de multifonctionnalité et de revenir aux cartes des fonctions primaires.
- MUSE est un outil concret permettant de quantifier les fonctions des sols sur tout le territoire et même d'approcher la qualité des sols même en milieu urbain.



Crédit © Flore Vigneron

2. En quoi cette approche peut vous aider à sensibiliser les élus et Personnes Publiques Associées

Pour les élus et les services techniques des collectivités : MUSE fournit des connaissances qui aident à sensibiliser les élus sur les sols (en particulier sur leur biodiversité et leur potentiel agronomique). Cela appuie une vision du sol comme ressource et permet de sortir de la vision foncière en 2D.

Les éléments de la méthodologie permettent de communiquer avec un langage commun, d'accompagner les collectivités et de fournir des outils facilement appropriables. Illustrer les différentes fonctions du sol montre l'importance de les préserver.



**FORMATION DES BUREAUX D'ÉTUDES  
SUR LE SUJET DES SOLS**

Crédit © Flore Vigneron

Pour les bureaux d'études : Un préalable semble nécessaire à l'application de la méthode MUSE, à savoir la formation des bureaux d'études qui sont habituellement peu experts sur le sujet des "sols vivants" et la nécessité de développer des compétences pluridisciplinaires, ou l'intégration de compétences spécifiques sur les sols.

Les bureaux d'étude spécialisés en cartographie des sols renforcent leurs compétences sur le périurbain mais ils ont besoin de développements méthodologiques et de données sur les propriétés des sols urbains pour les cartographier.

3. En quoi l'approche MUSE aide-t-elle à intégrer les sols dans les PLUi ?

Au sein de l'EPCI :

- MUSE donne un référentiel méthodologique utilisable en interne et qui impose une vision transversale des sols. Son utilisation permet à l'équipe PLUi de devenir plus compétente/pluridisciplinaire et d'écrire le cahier des charges de réalisation du document en intégrant la question des sols. La méthode souligne la nécessité d'associer des bureaux d'études

avec une compétence "sols" aux prestataires élaborant les documents de planification. Le risque est d'avoir un décalage entre le besoin de connaissances des collectivités et la capacité de la "communauté sol" à y répondre.

- MUSE incite au transfert de compétences au sein de l'EPCI (formation de base en SIG).
- MUSE permet d'identifier des critères et des expertises complémentaires liés aux enjeux propres du territoire. La méthode pourrait par exemple permettre la mise en place d'études supplémentaires ciblées notamment sur les secteurs constructibles en lien avec des études qui seraient déjà réalisées (exemple : une étude sur les zones humides pourrait être complétée par des études de biodiversité ou autre).

Sur la programmation et les orientations :

- MUSE permet d'orienter et de justifier les choix de développement de l'urbanisation ou à l'inverse les choix de protection d'espaces où les sols sont multifonctionnels ou présentent des fonctions à préserver.
- Le zonage et le choix des opérations doivent être précédés d'une importante étape de prise de conscience, de compréhension des acteurs sur les questions relatives au sol.

Sur l'évaluation environnementale et la séquence ERC :

- MUSE permet de cibler/spatialiser les usages en fonction du caractère multifonctionnel des sols. Les zones sur lesquelles il faut mettre en œuvre des démarches ERC sont ainsi localisées.
- MUSE permet de qualifier le sol, donc en cas d'impact par un aménagement, on est en mesure de décrire cet impact, de le quantifier. MUSE s'insère ensuite dans la séquence Eviter Réduire Compenser (ERC), et constitue un outil pour privilégier les actions d'évitement grâce à la meilleure connaissance des sols. Sur la réduction et la compensation, MUSE permet de faire des propositions pertinentes.
- La méthode permet de renforcer l'évaluation environnementale en cas d'urbanisation.
- Sur les indicateurs de suivi, il est nécessaire de trouver des indicateurs faciles à renseigner et parlants.
- Un problème lié à la réglementation de l'UE est soulevé avec la crainte que celle-ci soit un frein à l'application de MUSE : dans l'évaluation des incidences sur l'environnement des projets, le sol n'est pas traité en tant que tel mais est dispersé dans d'autres enjeux tels que les risques, la protection de la biodiversité et des zones humides.
- Le risque de pousser à la consommation de sols avec un indice de multifonctionnalité faible est soulevé alors que ces sols en lien avec certaines de leurs fonctions peuvent répondre à des enjeux essentiels du territoire (patrimoine, risques...).
- Croiser le projet de PLUi (zonage notamment mais aussi OAP) avec les cartes de MUSE permet de tester son projet et de cibler les secteurs à réinterroger.



Sur les changements d'échelle possibles :

- L'approche est adaptée à une échelle supra EPCI au regard du coût engendré par de telles études à fine échelle. Il faudrait que ce type d'études de sol soit fourni dans le porter-à-connaissance de l'Etat ou dans le SCoT.
- Il est nécessaire d'affiner la méthode sur certains secteurs avec des données locales : l'échelle de MUSE est inadaptée pour définir un zonage au 5000ème, elle donne en revanche des tendances pour le SCoT à l'instar de la Trame Verte et Bleue.

Pour travailler à une échelle plus fine :

- Il pourrait être intéressant de s'appuyer sur l'approche des sciences participative pour produire de la donnée sol et descendre à une échelle plus fine pour la partie réglementaire.
- L'approche pourrait permettre de sanctuariser les espaces présentant une multifonctionnalité optimale.
- La méthode donne des outils pour adapter les prescriptions sur les zones constructibles : coefficient de pleine terre, coefficient d'imperméabilisation...
- Elle permet de déterminer des zones de renaturation prioritaires et de traduire des enjeux relatifs aux sols via les OAP : OAP TVB, OAP spécifique aux zones À Urbaniser (AU) ayant un enjeu particulier, OAP relative à la perméabilité et au risque inondation...
- Elle permet d'aller plus dans le détail du zonage Agricole et Naturel (identification de la raison du choix : inondation, biodiversité, stockage carbone...).



Crédit © Flore Vigneron

### Remarques et questions soulevées lors des échanges :

#### Sur le manque du volet pollution :

"Pour les sols urbains se pose aussi la question de la pollution, ce qui empêche le sol de rendre toutes les fonctions correctement (ex : production de biomasse alimentaire)"

La méthodologie MUSE vient en complément d'un diagnostic territorial des pollutions ou la prise en compte des secteurs d'informations sur les sols (SIS) annexés au PLU(i).

Les SIS recensent des parcelles dont les sols présentent une pollution résiduelle. Le diagnostic territorial peut s'appuyer sur un inventaire historique urbain (IHU) qui permet de spatialiser à l'échelle du parcellaire cadastral les emprises des (anciennes) activités industrielles et de service susceptibles d'avoir généré une pollution des sols. Il peut aussi s'appuyer sur des données d'analyses de sols.



QUEL COÛT POUR  
LES ANALYSES DE SOL

Crédit © Flore Vigneron

La base de données sur les sols urbains BDSoLU ([www.bdsolu.fr](http://www.bdsolu.fr)) permet de capitaliser de telles données puis d'en restituer des cartographies.

### Sur l'échelle de la méthode et de son application :

"En milieu péri-urbain et rural, la tentation n'est-elle pas grande de se limiter aux données sol 1/250 000ème pour produire des cartes de fonctionnalité des sols à l'échelle d'un document d'urbanisme qui se veut opérationnel ?"

Le choix a été fait de produire une méthode applicable sur tout le territoire national. Il est recommandé de travailler à l'échelle de 1/50 000ème, disponible sur certains territoires. Une collecte de données peut aussi se révéler pertinente sur les zones à enjeux telles que les nouvelles zones ouvertes à l'urbanisation dans le cadre du PLUi.

"L'échelle d'application de MUSE est-elle plutôt celle des EPCI ou peut-elle également être appliquée à un département par exemple (au-delà des documents d'urbanisme pour avoir un état des lieux des fonctions des sols pour une prise en compte dans diverses politiques publiques) ?"

La méthodologie MUSE peut être utilisée à différentes échelles ; de la région au PLU en passant par le SCoT.

### Sur l'intégration d'autres indicateurs :

"Est-ce possible d'intégrer d'autres indicateurs, comme par exemple l'aire parcellaire des appellations d'origine contrôlée (échelle cadastrale) ?"

La méthode MUSE s'insère dans un projet de territoire et vient compléter d'autres informations telles que les Appellations d'Origine Contrôlée (AOC) présentes dans le volet agricole du PLUi.

### Ouverture de l'Appel à Manifestation d'Intérêt Objectif ZAN par l'ADEME (Isabelle Feix) :

"L'ambition de [l'AMI "Objectif ZAN", lancé par l'ADEME](#) est d'accompagner l'ensemble des acteurs qui contribuent au développement de Territoires "Zéro Artificialisation nette" (T-ZAN) avec une prise en compte des fonctions des sols. MUSE s'inscrit pleinement dans ce cadre".

## Diaporama de présentation du projet MUSE:

Le projet MUSE

[http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/08/presentationmuse\\_02\\_07\\_2021\\_vdiff.pdf](http://www.cerema.fr/system/files/documents/2021/08/presentationmuse_02_07_2021_vdiff.pdf)

Le projet MUSE, débuté en 2017 est ainsi sur le point d'aboutir. La méthodologie produite va être mise à disposition à l'automne en fin de projet. Des fiches pédagogiques seront diffusées pour que chaque territoire puisse s'approprier la méthode. Des accompagnements supplémentaires pourraient être proposés par certains membres du consortium.

*Un grand merci aux organisatrices du webinaire, organisé dans le cadre du projet Soluc3ion : Laëtitia Boithias, Catherine Néel, Clémentine Duvigneau et Emma Duplanil. Merci également à notre facilitatrice graphique Flore Vigneron ([flore.vigneron@gmail.com](mailto:flore.vigneron@gmail.com)).*

## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

## Qualité des sols et urbanisme

### Construire une méthodologie adaptée aux besoins des territoires et favoriser son appropriation

Afin de limiter la consommation des sols dans l'aménagement des territoires et dans la perspective de la mise en œuvre de l'objectif national de Zéro Artificialisation Nette (ZAN), le projet de recherche MUSE (2018-2021), financé par l'ADEME, a développé, en lien avec trois métropoles partenaires (Nantes, Châteauroux et Aix-Marseille-Provence), une méthode permettant de cartographier la multifonctionnalité de leurs sols. Cette méthode permet d'intégrer la qualité des sols par la prise en compte de quatre fonctions du sol dans leur démarche de PLUi. Au-delà de ces trois collectivités partenaires, il s'agit d'évaluer, par la présente étude, si cette approche peut être généralisée à l'ensemble des collectivités territoriales de la France métropolitaine. L'objectif est d'évaluer et améliorer la portée opérationnelle de l'approche méthodologique proposée.

Ce rapport rend compte de la méthode adoptée pour répondre à ces objectifs et des résultats recueillis auprès d'un panel varié de collectivités. Il ressort que l'approche MUSE permet de constituer un véritable porter à connaissance sur les sols et leur multifonctionnalité qu'il serait utile de généraliser à l'ensemble du territoire français et d'intégrer dans les différents documents de planification (SRADDET, SCoT, PLUi). La méthode reste cependant très technique et sa mise en œuvre nécessitera un accompagnement. L'approche MUSE permet d'aborder l'objectif ZAN dans les documents d'urbanisme avec une vision qualitative des sols qui permet non seulement d'identifier les sols remplissant le plus grand nombre de fonctions pour favoriser leur préservation mais également de préserver les sols remplissant des fonctions indispensables pour répondre aux enjeux du territoire.

*La méthode MUSE permet d'intégrer la qualité des sols par la prise en compte de quatre fonctions du sol dans leur démarche de PLUi **mais aussi dans les SCoT.***

Elle peut contribuer à la mise en œuvre de l'objectif ZAN, et à éviter de consommer les sols ayant le plus d'enjeux pour le territoire.

*Sa mise en œuvre par les collectivités nécessite le développement d'un accompagnement, notamment pour les collectivités manquant d'ingénierie, et de renforcer la diffusion des données « sol ».*

