



Flore Vigneron pour le projet MUSE

PROPOSITIONS METHODOLOGIQUES POUR LA REALISATION D'UNE ETUDE PEDOLOGIQUE EN VUE D'INTEGRER LES SOLS DANS LES DOCUMENTS D'URABNISME

Bertrand Laroche (INRAE), Philippe Branchu (Cerema), Catherine Keller (Univ. Aix-Marseille), Fabienne Marseille (Cerema), Catherine Néel (Cerema).

Remerciements pour leur participation (enquête et/ou relecture):

Philippe Lagacherie (INRAE)

Hubert Péru (AGROSOL)

Geneviève et Laurent Rigou (Atelier, Sols, Urbanisme et Paysages)

Xavier Marié (Sol Paysage)

Céline Collin Béliet (Solenvie)

Pour citer ce rapport :

Laroche B., Branchu P., Keller C., Marseille F., Néel C. (2022). Propositions méthodologiques pour la réalisation d'une étude pédologique en vue d'intégrer les sols dans les documents d'urbanisme. Livrable du projet Muse, 24 p.

Table des matières

1.	Introduction.....	4
2.	Le référentiel sol local pour la construction du PLUi	4
2.1.	Positionnement de l'étude pédologique dans la construction du document d'urbanisme ...	4
2.2.	Aires de compétence de l'étude	5
2.3.	Résolution spatiale	6
2.4.	Attendus et objectifs	6
3.	Les acteurs et l'organisation de l'étude	7
3.1.	Maître d'ouvrage.....	7
3.2.	Chargé d'étude pédologique	7
3.3.	Assistant à maîtrise d'ouvrage	7
4.	Les données sol	8
4.1.	Référentiels Régionaux Pédologiques (RRPs).....	8
4.2.	Recherche des études pédologiques existantes	9
5.	La conduite de l'étude.....	11
5.1.	Territoire non urbain	11
5.1.1.	Approche a minima telle que proposée dans MUSE : applicable sur le territoire national	11
5.1.2.	Mobilisation d'études existantes	13
5.1.3.	Nécessité d'acquisition de données complémentaires (qualité et quantité)	13
5.2.	Territoire urbain	16
5.2.1.	Des spécificités	16
5.2.2.	Une approche en devenir	17
5.3.	Lancement de l'étude pédologique.....	17
6.	L'acquisition des références sur les unités typologiques de sols.....	17
6.1.	Définitions et objectifs	17
6.2.	Références pédologiques.	18
6.3.	Caractérisation morpho-analytique minimale des propriétés primaires des unités typologiques de sol.....	18
6.3.1.	Sondages.....	18
6.3.2.	Fosses pédologiques.....	18
6.4.	Caractérisations des propriétés des unités typologiques de sol.....	19
7.	Le transfert des résultats.....	20
7.1.	Principes généraux	20
7.2.	Elaboration des clés de détermination des Unités Typologiques de Sol	20
7.3.	Estimation des indicateurs	21

8. La présentation et diffusion des résultats.....	21
8.1. Principes généraux	21
8.2. Informatisation des résultats de l'étude	21
8.3. Elements de restitution	23
Références bibliographiques	24
Liste des Illustrations	24

1. Introduction

Préserver et gérer les fonctions et services des sols dans et autour des aires urbaines est un enjeu fort au niveau national (Bellec et al., 2015). À l'échelle des territoires, une politique de gestion durable des sols, incluant des critères de qualité et de multifonctionnalité, pourrait être mise en œuvre via les documents d'urbanisme. Sur la base d'une approche intégrée du projet de territoire, elle pourrait croiser l'évaluation de l'aptitude des sols à assurer de multiples fonctions et les enjeux spécifiques aux territoires. Ce croisement peut notamment concerner la prévention et la limitation des inondations, la limitation des îlots de chaleur urbain, le développement de la trame verte et bleue, le potentiel de développement de l'agriculture urbaine, l'adaptation aux changements climatique et sociaux, le dynamisme du secteur agricole, la pression démographique, ...

Ces propositions ont été construites dans le cadre du projet MUSE (Branchu et al., 2022¹) dont les objectifs principaux sont de :

- proposer un outil et une méthodologie pour la prise en compte de la qualité des sols et de la multifonctionnalité des sols au sein des documents d'urbanisme (l'échelle retenue étant le plan local d'urbanisme intercommunal -PLUi) ;
- tester cet outil en lien avec trois collectivités partenaires (Métropole Aix-Marseille Provence, Métropole de Châteauroux, Métropole de Nantes).

Les propositions de développements méthodologiques ont pour but d'accompagner la collectivité dans les phases de diagnostic de territoire, de construction du projet d'aménagement (incluant éventuellement la mise en place de mesures d'évitement, de réduction et/ou de compensation – séquence ERC) et, si le PLU y est soumis, tout au long de la démarche d'évaluation environnementale du projet (Figure 1). Cette dernière est centrale dans les stratégies d'aménagement des territoires qui intègrent les enjeux environnementaux

2. Le référentiel sol local pour la construction du PLUi

2.1. Positionnement de l'étude pédologique dans la construction du document d'urbanisme

L'évaluation environnementale a pour objectif d'alimenter de manière itérative le document d'urbanisme tout au long de son élaboration afin d'intégrer les enjeux environnementaux du territoire (Figure 1). Elle intègre tous les compartiments : les ressources, le milieu naturel au même titre que les questions économiques, urbaines, sociales ... Elle doit permettre, d'une part, de définir un état initial de l'environnement dont les enjeux alimentent le PADD, et d'autre part, elle doit permettre de réaliser des analyses de l'impact environnemental suivant les différents scénarios qui seront proposés (modération de la consommation d'espace, capacité d'auto-alimentation, préservation de la biodiversité (CGDD, 2019). Tous ces éléments vont permettre de définir le projet intercommunal formulé et traduit dans les pièces règlementaires du PLUi. L'évaluation environnementale doit s'appuyer sur un recueil de données en qualité et quantité.

Le sol, en tant qu'interface des différentes sphères qui concernent nos sociétés et milieu de vie d'une grande biodiversité, intervient dans ce cadre comme l'une des composantes de l'environnement à

¹ Le livrables du projet MUSE sont disponibles sur : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/prendre-compte-multifonctionnalite-sols-amenagement>

prendre en compte de par les différents services qu'il rend à la collectivité. L'étude pédologique est donc une des composantes importantes de l'étude environnementale.

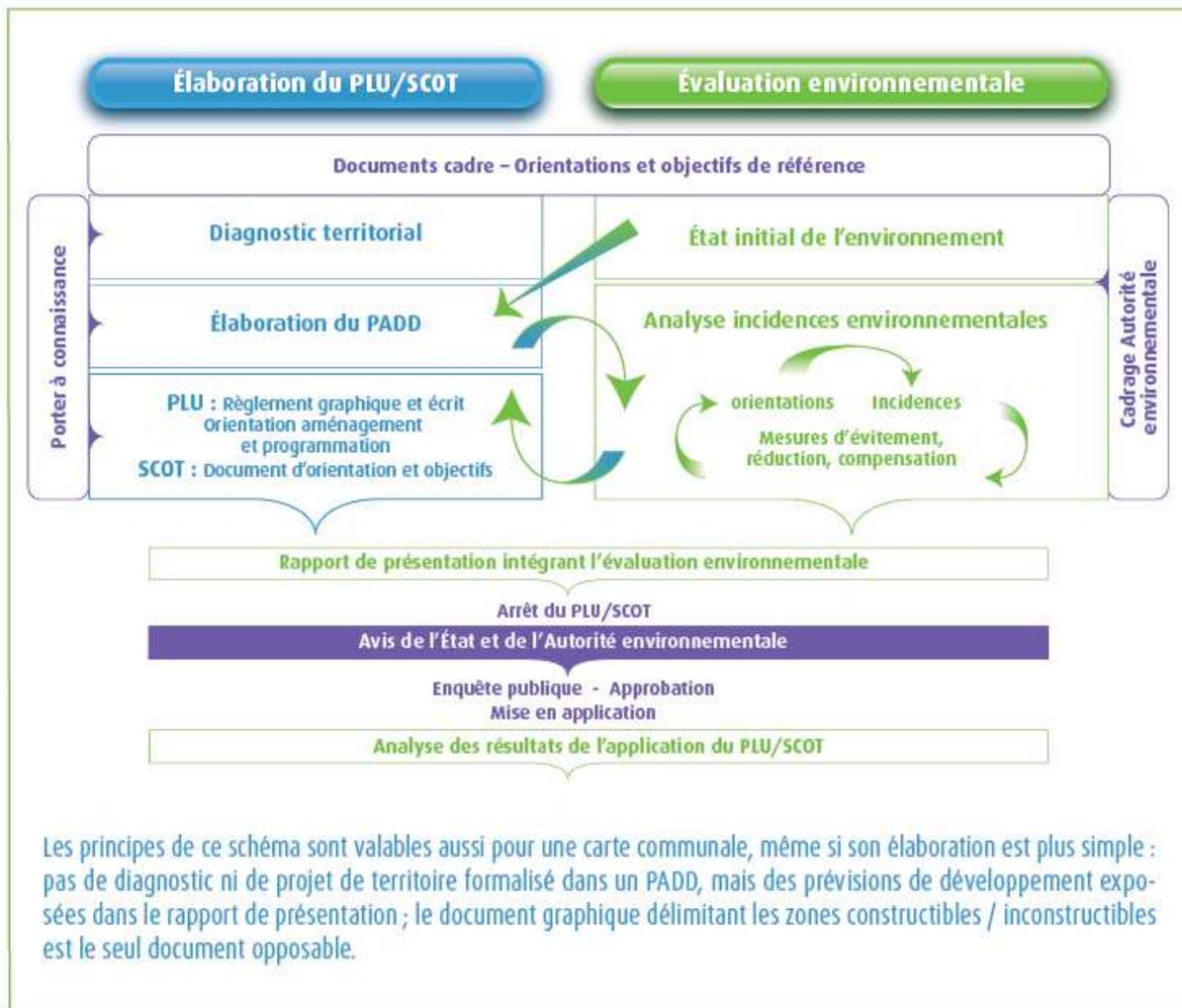


Figure 1 : La démarche d'évaluation environnementale du PLUi (CGDD, 2019)

Ce document vise à donner un cadre pour valoriser des études pédologiques existantes et/ou réaliser de nouvelles études permettant d'aider à la prise en compte du compartiment "sol" dans l'élaboration du projet de PLUi.

Il a pour but de cadrer et baliser la manière de faire une étude pédologique "classique" (c'est à dire en dehors du milieu construit) fournissant ainsi une base commune sur l'ensemble du territoire.

Il est proposé que l'étude pédologique fournisse les données nécessaires pour renseigner, a minima, les différents indicateurs définis dans le cadre du projet MUSE pour caractériser les fonctions exercées.

2.2. Aires de compétence de l'étude

L'étude pédologique a pour objectif de fournir les références pédologiques et/ou des indicateurs pour la prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme (PLUi). On entend par références un ensemble de données objectives qu'il est possible de collecter sur la nature et le fonctionnement des unités typologiques de sol (UTS, cf. partie 4.1). Ces références comprennent des observations

morphologiques, des analyses de terres, des mesures *in situ*, des résultats d'enquête et des résultats d'expérimentations ou de simulations). Des différences dans la caractérisation seront faites en fonction des territoires : urbain et non urbain, sur les données pédologiques disponibles et sur les modalités de cartographie des sols.

L'étendue spatiale de l'étude pédologique à réaliser en vue d'établir des éléments d'interprétation des propriétés des sols dépend de la taille du PLUi. Elle varie en effet du simple au sextuple (535 à 3175 km²) dans le cas des trois collectivités tests de MUSE. Des études particulières (ou plus localisées) pourront être conduites pour les secteurs à enjeux et en particulier les secteurs soumis à OAP (Orientations d'Aménagement et de Programmation), en fonction des demandes/objectifs de la collectivité.

Ces caractéristiques spatiales vont fortement impacter les modalités des études pédologiques préconisées, donnant lieu à des cahiers des charges différenciés (cf. Partie 5).

2.3. Résolution spatiale

Les références pédologiques doivent être au final délivrées à une résolution spatiale suffisante et compatible pour répondre aux attentes réglementaires du PLU/PLUi et aux questionnements des collectivités, notamment sur les zones à enjeux. L'étude pédologique doit être conduite pour tendre vers la base d'une échelle de l'ordre de 1 :10 000, avec des modulations dans la densité des observations selon la taille du PLU/PLUi, les zones à enjeux, la complexité du milieu et le degré de détail du découpage parcellaire.

La résolution spatiale visée est une condition nécessaire pour que l'étude pédologique permette une analyse pertinente des différents enjeux portés par la collectivité. Dans le cas contraire, on reste dans de l'orientation sans une analyse fine de la connaissance pédologique

2.4. Attendus et objectifs

La nature de l'étude pédologique ainsi que ses livrables sont variables selon les enjeux du territoire, l'état d'avancement de la démarche, le besoin de caractériser plus finement certaines zones en lien avec le projet porté par la collectivité, la qualité des informations pédologiques disponibles et leur degré de représentativité.

L'étude pédologique fournit les informations nécessaires pour calculer et cartographier la fonctionnalité des sols. Les fonctions et indicateurs retenus dans le projet MUSE sont :

- **Régulation du cycle de l'eau : potentiel d'infiltration**
- **Production de biomasse : potentiel agronomique.**
- **Réservoir de carbone : stock de carbone organique.**
- **Réservoir de biodiversité : abondance et diversité lombriciennes.**

Le détail est précisé dans les fiches fonctions produites dans Muse².

Les données à acquérir sur les sols au moyen d'une étude concernent la définition spatiale des unités de sol homogènes et les paramètres physico-chimiques, (micro)biologiques (actuellement mesurés en routine ou potentiellement intéressants dans le futur) permettant de renseigner ces indicateurs.

² Cf. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/prendre-compte-multifonctionnalite-sols-amenagement>

3. Les acteurs et l'organisation de l'étude

3.1. Maître d'ouvrage

Le maître d'ouvrage (MOA) qui est le plus souvent une collectivité (commune ou groupement de communes) est en charge de la rédaction des documents d'urbanisme, même s'il la délègue à un prestataire privé la plupart du temps. Il porte politiquement et techniquement la démarche qui doit s'inscrire dans la durée et dans un projet plus large de territoire qui peut s'appuyer sur un diagnostic territorial socio-économique, environnemental, énergétique, démographique, ... Il identifie les acteurs concernés et s'assure de leur adhésion et de l'appui des partenaires institutionnels (Etat, agence de l'eau, ...). Il lance l'appel d'offre pour le choix du prestataire qui portera l'étude pédologique et définit la durée de l'étude. Il contractualise avec lui. Il s'approprie les documents fournis par le prestataire. Il est capable de les interpréter et en fait une restitution aux différents acteurs de la collectivité et répond à leurs interrogations.

Pour ces différentes étapes, le maître d'ouvrage peut s'appuyer sur une assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO).

3.2. Chargé d'étude pédologique

Le chargé d'étude pédologique est, a minima, un ingénieur aux compétences professionnelles reconnues en pédologie et cartographie pédologique. La reconnaissance peut s'appuyer sur la certification du métier de pédologue, attribuée par l'Association Française d'Etude des Sols (<https://www.afes.fr/reconnaissance-des-competences-en-pedologie/>) ou sur des implications fortes dans des programmes nationaux et/ou régionaux labellisés concernant la production de données.

Le chargé d'étude pédologique est responsable de la conduite des divers types d'investigations nécessaires pour réaliser le diagnostic pédologique du secteur concerné. Il réalise la prospection pédologique selon une densité de points d'observation qui est fonction de la norme NF X31-560, de la complexité du milieu, de sa connaissance du secteur, de son optimisation en fonction des moyens alloués. Il réalise des fosses pédologiques et des sondages à la tarière pour caractériser chaque type de sol qu'il aura identifié. Il est enfin responsable de la rédaction et de l'édition des différents documents (cartes, rapports, fichier de données) prévus au cahier des charges. Il interprète et rend accessible les données aux différents acteurs.

3.3. Assistant à maîtrise d'ouvrage

Il est fortement recommandé que le MOA s'assure du soutien d'un assistant au maître d'ouvrage (AMO) pour les études pédologiques. L'AMO est un pédologue dont les compétences en matière de sol sont reconnues. Cette reconnaissance peut prendre la forme d'une certification AFES ou par le réseau des partenaires du programme IGCS (Inventaire, Gestion et Conservation des Sols du Gis Sol). Sa mission est d'assister le MOA pour assurer la qualité de l'étude.

En amont de l'étude, il intervient pour définir le cahier des charges de l'étude le plus adapté compte tenu de l'existence ou non de données pré-existantes utilisables et/ou de l'acquisition de données nouvelles, et pour choisir, au besoin, les périmètres des secteurs de référence (cf. partie 5.1.). Il participe également au choix du chargé d'étude dans le cadre de l'analyse des réponses à appel d'offre. Pendant l'étude, il valide le travail du chargé d'étude en veillant notamment :

- au respect des modalités d'étude définies par le cahier des charges,

- à la qualité des prospections pédologiques, des descriptions des observations et du zonage pédologique,
- à la pertinence de l'interprétation des données acquises en vue de fournir les références requises (voir 1.3.),
- à la conformité des documents et fichiers remis au maître d'ouvrage vis-à-vis du cahier des charges.

A ce titre, il participe aux réunions et tournées de terrain organisées par le maître d'ouvrage à la demande du chargé d'étude et relit les différents documents provisoires et définitifs remis par le chargé d'étude.

4. Les données sol

4.1. Référentiels Régionaux Pédologiques (RRPs)

Le volet RRP du programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS) permet une représentation des sols à l'échelle du 1/250 000. Cette échelle est insuffisante en termes de précision de l'information recherchée sur les sols mais elle reste la seule information quasi-exhaustive sur le territoire métropolitain. Elle permet d'avoir une première lecture des sols présents sur un territoire et permet d'indiquer le contexte morfo-pédologique du secteur d'étude. Les données pédologiques des RRP sont stockées sous un format national standardisé DoneSol.

Le RRP constitue le point d'entrée pour la compréhension et la caractérisation du milieu et des grands types de sols rencontrés. Les données présentées sur le Géoportail, sont disponibles auprès des gestionnaires locaux. Leurs coordonnées sont indiquées sur le Géoportail (Figure 2).

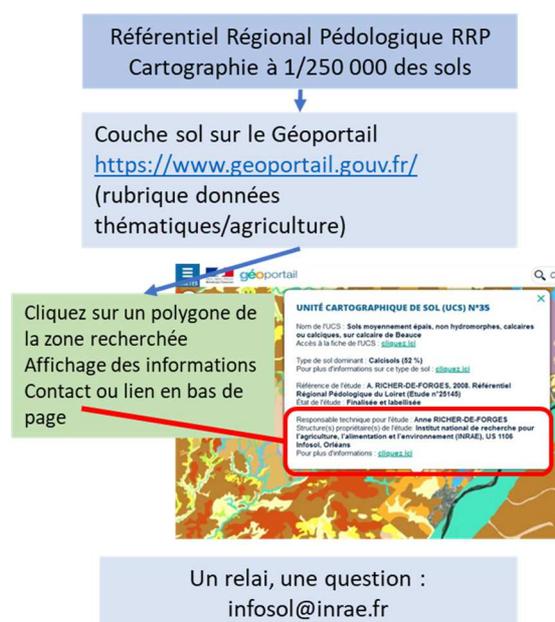


Figure 2 : Identification et contacts des différents gestionnaires des Référentiels Régionaux Pédologiques

La cartographie des sols à 1/250 000 impose le fait que les Unités Typologiques de Sols (UTS²) soient agrégées dans les Unités Cartographiques de Sols (UCS¹), qui représentent l'extension géographique d'un ou de plusieurs types de sol (Figure 3). Les UCS constituent donc le regroupement d'une ou de plusieurs Unités Typologiques de Sol (UTS) de façon à pouvoir en faire une représentation cartographique à une échelle donnée. Toutes les interprétations ou calculs/estimations se font au niveau des UTS. Si l'information doit être représentée sur une carte, l'opérateur est obligé de réaliser une agrégation pour transférer les informations obtenues sur les types de sol (UTS) vers une information unique pour l'UCS. La modalité d'agrégation de l'information sur les UTS doit être alors associée à un indicateur de la variabilité au sein de l'UCS : pourcentage de représentation au sein de l'UCS ou écart type.

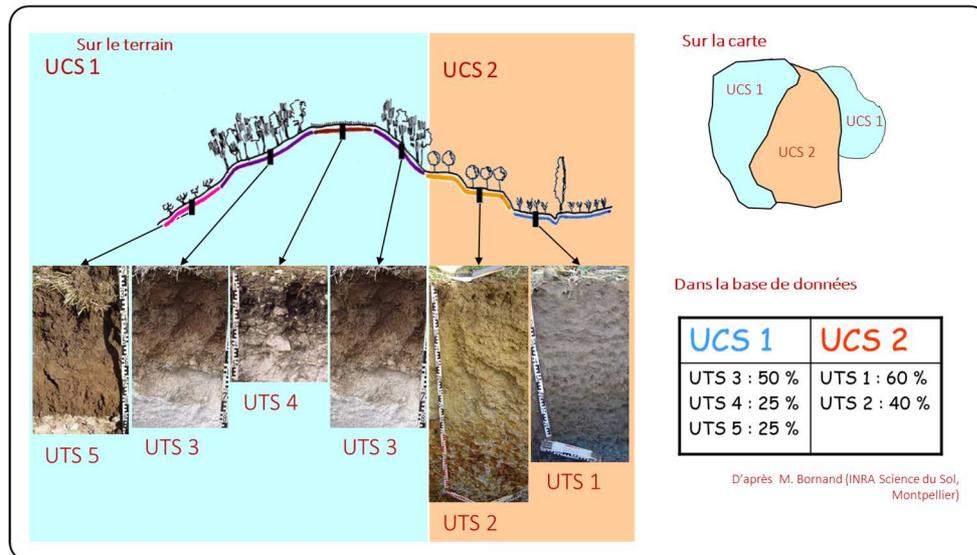


Figure 3 : organisation UCS/UTS

1. UCS : Unité Cartographique de Sol, portion du territoire délimitée graphiquement sur une carte par des contours fermés. Ces « morceaux » forment une unité dans le sens où on ne peut pas les subdiviser à l'échelle de représentation choisie, en sous-ensembles cartographiables. Elles regroupent de 1 à plusieurs UTS
2. UTS : volume de la couverture pédologique présentant en tous lieux de l'espace la même succession d'horizons, l'un ou l'autre de ces horizons pouvant être localement absent.

4.2. Recherche des études pédologiques existantes

Il peut exister localement des études pédologiques à des échelles plus grandes que le 1/250 000. Ces études peuvent avoir une emprise sur tout ou seulement une partie du PLU(i). Ces études se présentent sous des formats variés (papiers, scans, en base de données, format DoneSol, autres formats). Dans tous les cas, le chargé d'étude pédologique sera attentif à la qualité des documents et devra en discuter les intérêts et limites de façon à permettre leur utilisation pour l'étude. Il est conseillé de prévoir au cahier des charges que le chargé d'étude pédologique sollicite ces données, documents (notamment les cartes de sol) auprès des commanditaires des études existantes.

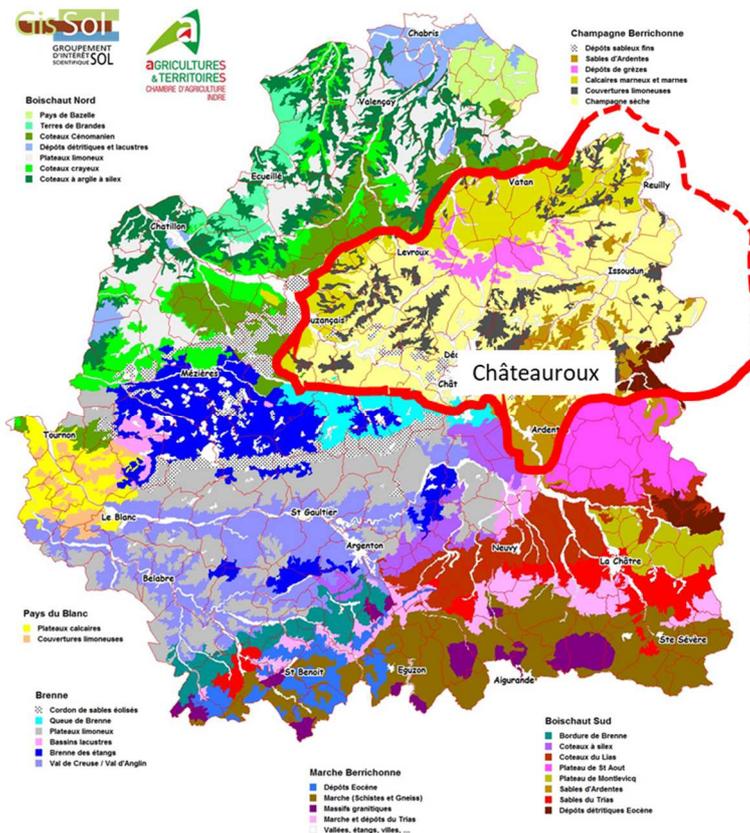
Cette recherche systématique des études pédologiques anciennes intéressant directement l'emprise de la collectivité peut être réalisée via l'interface web disponible sur le site du Gis Sol, REFERSOLS

(<http://webapps.gissol.fr/georefersols/>). Elle permet d'identifier les études pédologiques sur un secteur et d'indiquer leur disponibilité. En effet, l'intégration de telles études est susceptible de procurer des économies significatives sur le coût de l'étude (collecte et analyse des informations) et permet de disposer de références assez rapidement.

Il est important de récolter le maximum d'informations. Dans des contextes particuliers, le Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) peut avoir des données intéressantes sur les sols recueillis à l'occasion des études d'assainissement individuel. De même, des informations sont disponibles auprès des syndicats d'épandages des boues résiduaires.

La petite région naturelle pédologique (PRNP) (

Figure 4) est un territoire de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'hectares (d'une dizaine à plusieurs centaines de km²), caractérisé par une homogénéité relative du milieu aux plans climatique, géologique, géomorphologique et agronomique. Cette homogénéité a pour conséquence qu'un même groupe d'unités de sol se retrouve sur l'ensemble du territoire.



Une PRNP peut être définie à partir du regroupement en une entité géographique cohérente de plusieurs unités cartographiques de sol (UCS) de la carte au 1/250 000 du Référentiel Pédologique Régional (RRP).

Figure 4 : Le RRP de l'Indre (BD SOL 36 – CA36-INRAE) –Entourée de rouge, la PRNP de la Champagne Berrichonne

De même, de nombreuses analyses de terres sont commandées par les agriculteurs et peuvent ainsi permettre d'abonder la caractérisation des unités de sol distinguées. La procédure de récupération de ces analyses de terre doit comporter les étapes suivantes : i) obtention de l'accord d'utilisation des analyses (non communication des données X,Y), iii) affectation des informations aux types de sols définis.

Cette action de recherche de données pédologiques devra être mentionnée dans l'appel d'offres rédigé par la collectivité.

Il est également intéressant pour le prestataire de rechercher les études sur des zones voisines présentant une homogénéité relative du milieu aux plans climatique, géologique, géomorphologique et agronomique. Cette identification peut être faite à partir des contours des UCS des RRP ou sur les Petites Régions Naturelles (PRN) (figure 4) mais aussi en s'appuyant sur les données issues du BRGM, de l'IGN et de Météo-France ou de sites les fournissant. Deux études situées dans une même UCS peuvent être considérées comme étant dans un même environnement. Bien que non présentes sur la zone du PLU/PLUi, ces études existantes pourront apporter des éléments de compréhension sur l'organisation des types de sols.

L'utilisation d'études pédologiques à petite échelle nécessite que la représentation des indicateurs soit associée à une incertitude sur l'information représentée. Puisque les indicateurs estimés le sont à partir des informations des UTS qui elles-mêmes sont agrégées en UCS.

L'ensemble des études pédologiques identifiées et mobilisées dans le projet devra être listé dans le rapport de présentation du PLUi.

5. La conduite de l'étude

En amont de la prestation commandée par la collectivité, elle (ou l'AMO pris en appui), prend connaissance de ces éléments de contexte et les considère pour préciser le cahier des charges des études pédologiques à réaliser. Les réponses des postulants à l'appel d'offre doivent intégrer différents points :

- l'organisation de réunions préalables aux travaux pour sensibiliser les élus et les services aux enjeux liés aux sols,
- le contexte de l'étude,
- la méthodologie utilisée (densité moyenne ou relative d'observation en fonction des enjeux, de la complexité du milieu, réflexion prévue sur la prélocalisation des sondages, analyses éventuelles ...),
- l'échelle de restitution,
- les données historiques sur la zone et incertitudes (ou hétérogénéités) associées,
- l'inventaire complet des sols en vue d'une réutilisation des données pour d'autres enjeux ou thématiques (option).

Le contenu et la conduite de l'étude vont également être différents en fonction des territoires. Il y a notamment une distinction à faire entre les zones urbaines et le non-urbain en termes de données disponibles et de méthodes de cartographie des sols (Figure 5).

5.1. Territoire non urbain

5.1.1. Approche a minima telle que proposée dans MUSE : applicable sur le territoire national

Le Référentiel Régional Pédologique (ou cartographie des sols à 1/250 000) permet d'avoir une première vision des sols et des références par type de sols.

Les RRP fournissent un inventaire des types de sols par unité cartographique (UCS) (ou polygone) rencontrée sur la carte. Sur cette base une première caractérisation des indicateurs peut être faite et des références sont établies par types de sols.

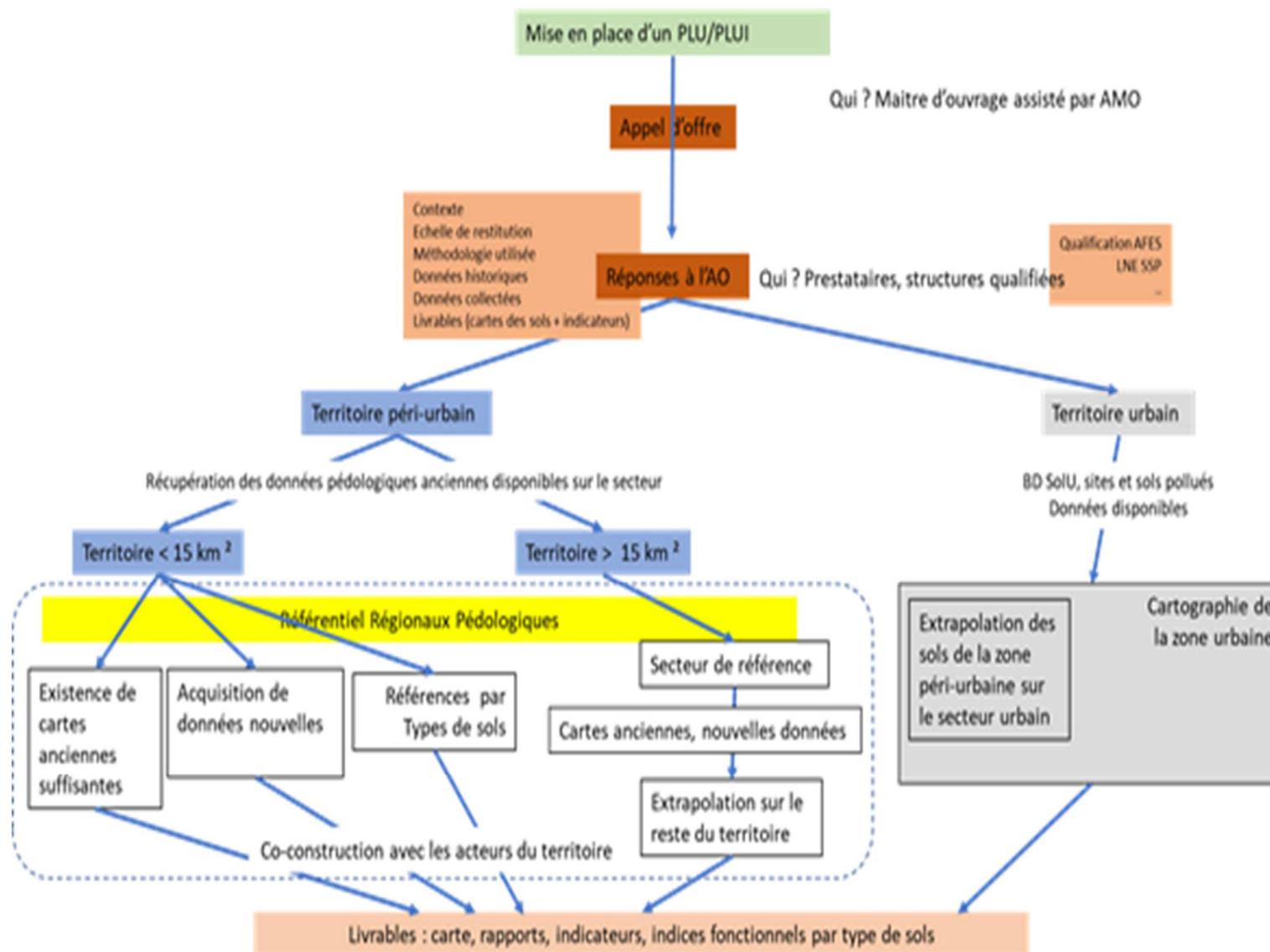


Figure 5 : Méthode de cartographie suivant les territoires.

Il est nécessaire d'être vigilant par rapport à l'utilisation de ces documents cartographiques, l'information est valide à l'échelle où elle a été collectée. Les zooms sous SIG permettent une meilleure représentation mais n'améliorent pas la qualité des données ni leur précision.

5.1.2. Mobilisation d'études existantes

Les études pédologiques disponibles seront considérées comme de qualité suffisante si elles permettent de définir, caractériser et délimiter des unités typologiques de sol homogènes quant à leurs fonctionnements hydrique et agronomique et, de ce fait, peuvent être utilisées comme zonage pédologique du PLU/PLUi. Ceci sera apprécié en considérant 1) une précision requise minimale (1 observation pour 5 ha, correspondant à une échelle minimale de 1/25 000), 2) la disponibilité d'une notice suffisamment claire et détaillée pour pouvoir identifier sur le terrain les différentes unités typologiques de sol décrites et 3) la disponibilité d'une annexe détaillée avec profils et analyses géo-référencées. L'étude pédologique ancienne est représentative du PLU/PLUi s'il est possible de supposer que l'ensemble des unités typologiques de sol présentes dans le PLU/PLUi est englobé dans le périmètre de l'étude. Dans le cas où les études mobilisées ne couvrent que partiellement l'emprise du PLU/PLUi, le reste du secteur sera couvert par l'acquisition de données complémentaires.

Dans le cas où le zonage pédologique d'une précédente étude peut être réutilisé, le chargé d'étude pourra, si ce n'est pas déjà fait, procéder à la numérisation et à la mise en base de données pédologiques de l'étude. La phase de saisie et de numérisation de l'information consiste en la vectorisation des contours des Unités Cartographiques de Sols (UCS), et en la saisie des profils. Il est recommandé de suivre **le format national de base de données pédologique DONESOL**. <https://dw3.gissol.fr/login>

A l'issue de cette phase de numérisation, le chargé d'étude se sera approprié la typologie des sols de la zone d'étude ainsi que les lois de distribution des sols dans le paysage. Au besoin, cette appropriation sera complétée par une prospection légère selon quelques transects recoupant les unités de sol délimitées. Les sondages effectués seront utilisés i) dans une phase de vérification de l'information et ii) ultérieurement pour collecter les informations manquantes nécessaires à l'élaboration des clés de détermination des unités typologiques de sol. Si le chargé d'étude n'est pas familier des sols de la région, il est souhaitable, en complément, de s'appuyer sur une expertise locale (rôle de l'AMO).

Notions pédologiques

Profil : est une succession de couches homogènes issues de la dégradation de la roche mère

Horizon : couche de sol homogène généralement parallèle à la surface. Il est décrit en fonction de son épaisseur, sa composition granulométrique, ses propriétés, ...

5.1.3. Nécessité d'acquisition de données complémentaires (qualité et quantité)

Des nouvelles acquisitions sont recommandées dans les cas suivants :

- Pour une première appropriation (même légère) du territoire par le chargé d'étude.
- Lorsque les études pédologiques ne sont pas suffisantes (qualité et extension géographique),
- S'il y a nécessité d'une précision plus importante dans la caractérisation des sols, sur les OAP ou sur les zones à enjeux
- Afin de vérifier ou d'évaluer la qualité de données anciennes disponibles potentiellement utilisables pour le PLU/PLUi.

- Réactualisation des données analytiques ou descriptives anciennes de certains paramètres qui peuvent évoluer dans le temps : teneur en carbone, hydromorphie (si drainage), pH ...

L'identification des types de sol doit se faire via des observations *in situ* par des sondages à la tarière manuelle (différents et complémentaires des sondages géotechniques). La densité des sondages est fonction de l'échelle de restitution des données cartographiques. Elle est définie dans la **norme NF X31-560 (AFNOR, 3017)** (tableau 1).

Sondage : observation du sol à l'aide d'une tarière manuelle
 Fosse pédologique : observation du sol dans une fosse ouverte manuellement ou mécaniquement d'une taille de 1 m de large et de 2 m de longueur en moyenne. La profondeur sera fonction de l'apparition du substrat ou de la roche mère.

Echelle de restitution		Sondages	Fosses pédologiques
Petite échelle	1 : 250 000	1 pour 200 à 600 ha	1 pour 2000 à 6000 ha
Moyenne échelle	1 : 100 000	1 pour 30 à 60 ha	1 pour 500 à 1000 ha
	1 : 50 000	1 pour 10 à 30 ha	1 pour 200 à 300 ha
	1 : 25 000	1 pour 5 à 10 ha	1 pour 50 à 100 ha
Grande échelle	1 : 10 000	1 pour 2 à 3 ha	1 pour 10 à 50 ha

Tableau 1 : niveau de résolution et d'analyse (Norme NF X31-560 –AFNOR, 2007)

Ces sondages permettent d'identifier les types de sols présents sur le secteur du PLU/PLUi. Afin de caractériser plus finement les paramètres pédologiques, il est fortement recommandé que chaque unité typologique de sol ou type de sol soit caractérisée par une fosse pédologique, et que chaque horizon de sol soit prélevé dans la fosse pour analyses en laboratoire. Au préalable, chaque fosse doit faire l'objet d'un DICT (*Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux*). Les unités les plus étendues nécessitant idéalement la description de plusieurs fosses. Ainsi, le nombre de fosses doit être au moins égal au nombre d'unités typologiques identifiées dans le zonage pédologique. Les fosses décrites et éventuellement analysées au cours des études pédologiques anciennes seront systématiquement réutilisées. En cas de ré-utilisation d'une étude pédologique ancienne détaillée couvrant l'ensemble de la zone d'étude, un minimum d'investigations sera néanmoins effectué afin de vérifier les descriptions morphologiques d'unités de sol. Pour limiter les coûts, toutes les fosses ne seront pas complètement analysées s'il s'avère que des analogies peuvent être faites entre horizons d'unités de sol différentes.

L'emplacement des fosses est choisi en fonction de la prospection préalable et de l'emplacement des fosses déjà disponibles ou décrites (pour les études anciennes). Les fosses sont soigneusement repérées dans l'espace par GPS, leurs coordonnées géographiques précises étant dûment enregistrées et indiquées dans les livrables de l'étude.

Le chargé d'études peut s'appuyer sur l'expertise locale des agriculteurs pour collecter des informations complémentaires en établissant une correspondance avec ses observations sur plusieurs points :

- Descriptifs ("séchant", "difficile à travailler", "long à ressuyer", "très productif", "argileux", "acides", « grisâtres », « caillouteux », « peu profonds », etc....,).

- L'emprise spatiale : "fortement représenté sur toute la zone d'étude", "uniquement localisé dans une sous zone particulière de la zone d'étude", "bien réparti sur la zone sur de petites emprises", "localisé dans un autre type de sol", etc...).
- Les critères de localisation : ("plutôt en sommet de colline", "le long de la rivière", "couleur rouge caractéristique en surface", "présence de cailloux blancs", etc...).

Ces éléments vont enrichir la quantité des observations et vont orienter le pédologue dans sa phase complémentaire de terrain, en se focalisant sur les secteurs les plus complexes ou dépourvus de connaissances.

Deux cas sont alors envisagés :

1- Réalisation d'un zonage pédologique exhaustif sur l'ensemble du secteur avec une précision suffisante si les moyens le permettent. Cette approche est adaptée à des PLU/PLUi d'extension spatiale inférieures à 1500 ha (15 km²), à moduler éventuellement selon la complexité du milieu pédologique et des enjeux du territoire.

Le zonage pédologique par prospection systématique fait appel à des observations de surface et à des sondages à la tarière (1,20 m de profondeur en sol ni caillouteux, ni rocheux, 2,0 m dans certains cas au besoin). Une densité minimale d'un sondage pour 2 à 3 ha est recommandée pour pouvoir, à ce stade, identifier toutes les unités typologiques de sol (UTS) à distinguer et approcher leur localisation dans la zone d'étude. La densité est à adapter toutefois à l'hétérogénéité du sol, à la nature du couvert végétal ou de l'usage historique du sol. Suivant le cadre géomorphologique régional (zones de plaines alluviales ou de marais, paysages collinaires), les sondages sont disposés en semis réguliers ou selon des transects plus ou moins espacés. Leur positionnement prend en compte également l'accessibilité des sites. Ils sont repérés sur le fond topographique utilisé et décrits de manière systématique suivant le format national (position topographique, occupation du sol, apparence de surface, épaisseurs des horizons, texture, pierrosité, couleur, réaction à HCl, humidité, consistance, absence/présence de végétation...). Le zonage pédologique est réalisé idéalement à des périodes où les observations de surface sont les plus faciles à réaliser et sont les plus révélatrices de changements de sol (périodes de sol nu en milieux cultivés, de floraison en milieu prairial ou forestier) mais aussi à des périodes où la prospection est possible (éviter les sols trop secs difficiles à sonder, dégradation des cultures en place, par exemple).

Lors de la prospection de terrain, le chargé d'étude pédologique s'efforce de :

- Relier les caractères du sol directement visibles en surface (couleur, pierrosité, texture, végétation, ...) à la nature et à la profondeur d'apparition des autres horizons du solum.
- Rechercher les lois de distribution des sols dans le paysage en fonction de la topographie, de la géologie, de l'occupation des sols,...
- Mettre en évidence les relations d'ordre pédogénétique, hydrique (écoulements de surface ou souterrains) entre unités typologiques de sols (UTS) adjacentes, à l'échelle de toposéquences et du bassin versant.

A l'issue de cette prospection, une liste des unités typologiques de sol (UTS) avec leurs descriptions ainsi qu'une première carte les localisant dans la zone d'étude doivent être établies.

2 – Application de la méthode des secteurs de référence. Dans le cas où la superficie du PLU/PLUi dépasse ce seuil des 15 km², une étude de type secteur de référence représentatif et

d'extension limitée est plus adaptée qu'un zonage pédologique exhaustif. **En aucun cas, la précision de l'étude pédologique envisagée sera diminuée pour compenser la taille du PLU/PLUi.**

Secteur de référence : Les « secteurs de référence » sont des études pédologiques établies à l'échelle locale, pour répondre avec une grande précision aux interrogations agricoles ou environnementales émanant des gestionnaires locaux. Cette connaissance acquise est extrapolée et appliquée à l'ensemble de la région naturelle.

Initiés au début des années 1980, les premiers Secteurs de Référence ont été consacrés à l'aménagement hydro-agricole. Depuis, de nombreuses applications ont vu le jour, parmi lesquelles figurent l'irrigation, le drainage, l'aptitude des sols à l'épandage, l'adaptation des cépages aux terroirs, la gestion des eaux superficielles, l'agriculture de précision ou la simplification du travail du sol.

L'acquisition de références techniques sur les types de sol représentatifs d'une petite région naturelle permet de formuler des recommandations pratiques adaptées à chaque secteur.

Le zonage pédologique de la région naturelle caractérisée par le secteur de référence s'appuiera sur les études pédologiques anciennes disponibles, au minimum la délimitation au 1/250 000 des Unités Cartographiques de Sols (UCS) du Référentiel Régional Pédologique. Après consultation des données issues de ces cartes, le chargé d'étude réalisera une prospection cartographique complémentaire avec une densité de sondage de 1/50 ha. Les sondages seront disposés en transects permettant de recouper les différentes unités cartographiques identifiées et, au sein de ces unités, de recouper les différentes situations topographiques présentes. Au-delà du zonage produit, les données ainsi collectées serviront également à valider la clé de détermination élaborée dans l'étude pédologique.

5.2. Territoire urbain

5.2.1. Des spécificités

Le territoire urbain présente des spécificités dont la principale est qu'il est généralement non ou peu couvert par de la donnée pédologique dite « classique en secteur agricole ». Par conséquent, les zones connues d'un point de vue pédologique sont parfois extrapolées depuis les zones non artificialisées au contact. Dans certains cas, ces zones ont été cartographiées par le passé, avant d'être artificialisées. L'extrapolation pourra se faire par la prédiction de la répartition des sols en fonction de la combinaison de l'occupation du sol, de la topographie et de la géologie (Lagacherie 2013).

Les contraintes associées à ce milieu sont : la difficulté d'observation (imperméabilisation du sol), la diversité des matériaux rencontrés, l'accessibilité des parcelles (propriétés privées closes) sont des freins importants. De plus les sols ont été souvent remaniés, remblayés, d'où la difficulté de trouver une organisation basée sur des constantes naturelles (géologie, topographie, ...) ou logiques qui permette d'extrapoler leur répartition et ainsi d'obtenir une connaissance complète des sols sur cette zone. En parallèle, les zones urbaines bénéficient aussi d'une multitude d'opportunités d'observations compte-tenu de la multiplicité des chantiers/travaux (tranchées, fondations, . . .) qui permettent un examen direct du sol.

5.2.2. Une approche en devenir

Les données historiques en milieu urbain sont bancarisées dans :

- BASOL : base de données sur les sites et sols pollués (<http://ssp-infoterre.brgm.fr/basol>).

- BDSolU : base de données sur les sols urbains qui a pour objectif d'améliorer la connaissance de la qualité géochimique des sols (principalement urbains) sur l'ensemble du territoire national. Les connaissances bancarisées permettent de construire des fonds pédo-géochimiques anthropisés ou naturels dans les principales agglomérations de France (<https://www.bdsolu.fr/>).

Ces bases de données contiennent peu d'informations pédologiques, elles s'enrichissent progressivement. Le chargé d'étude peut s'appuyer également sur la banque du sous-sol (BSS) qui peut apporter des éléments complémentaires (<https://infoterre.brgm.fr/page/banque-sol-bss>).

Une des premières étapes est d'identifier les zones non imperméabilisées par des méthodes d'identification à partir des données aériennes et/ou satellitaires.

L'approche développée en termes de cartographie des sols sur les zones urbaines est en cours de développement. Elle est basée sur le même principe que celle des zones non urbaines avec des observations *in situ* à la tarière manuelle et en bénéficiant de l'opportunité d'observations via toutes les zones de travaux (canalisation, enfouissement des réseaux, fondation, ...). La densité nécessaire des observations est fonction de la taille des parcelles, globalement avec une échelle de restitution allant du 1/2000ème au 1/ 10 000ème.

La cartographie s'effectue à partir des zones au contact de zones connues d'un point de vue pédologique (c'est à dire principalement en zone péri-urbaines) vers les centres-villes.

Le positionnement des points d'observations se fait en fonction des disponibilités d'espace ou par opportunité (tranchées, fondation, ...). L'ensemble de ces points d'observation permet d'extrapoler les données sur l'ensemble de la zone urbaine et ainsi produire une carte des sols.

5.3. Lancement de l'étude pédologique

Afin d'établir les conditions d'un bon déroulement de l'étude et d'une bonne appropriation de ses résultats, il est important d'informer le plus tôt possible toutes les parties prenantes de l'étude. A cet effet, une réunion de communication/information sera organisée dès le début de l'étude pour présenter le chargé d'étude, expliquer les objectifs et le déroulement de l'étude, en particulier les besoins d'accès aux différents lieux pour le zonage pédologique et l'approche de caractérisation des sols choisie.

6. L'acquisition des références sur les unités typologiques de sols

6.1. Définitions et objectifs

Dans le cadre du PLU/PLUI, l'objectif est de fournir les références exclusivement pédologiques, c'est-à-dire les observations morphologiques et les mesures de propriétés des sols. Ce recueil va permettre de disposer d'informations de référence pour construire les indicateurs nécessaires pour la prise en compte de la multifonctionnalité des sols. Ces éléments seront repris dans l'évaluation environnementale qui elle-même permettra de construire le PADD (figure 1).

Propositions méthodologiques pour la réalisation d'une étude pédologique en vue d'intégrer les sols dans les documents d'urbanisme

6.2. Références pédologiques.

Les références pédologiques sont donc acquises :

- via des informations déjà disponibles (Référentiels régionaux Pédologiques, cartes anciennes, ...),
- lors d'observations directes (sondages et/ou fosses pédologiques observées sur 1,20 m à 2,00 m de profondeur, ou jusqu'à l'apparition de la roche, ou d'une nappe ; sauf contre-indication, les fosses seront creusées avec un engin mécanique type mini-pelle ou tracto-pelle,
- par des apports locaux de la connaissance des sols (agriculteurs, ...).

Sachant qu'il peut être parfois difficile d'anticiper le nombre d'unités de sol en début d'étude (et donc le nombre de fosses), il sera prudent que le maître d'ouvrage prévoit la possibilité de compléter le cahier des charges par un avenant qui définira le nombre de fosses au vu du résultat du zonage pédologique, en concertation entre le chargé d'étude pédologique, le maître d'ouvrage et son assistant, si une AMO a été sollicitée. Un bordereau de prix unitaire sera néanmoins fourni par le chargé d'étude lors de sa candidature à l'appel d'offre et la procédure par avenant sera explicitement présentée dans l'appel d'offre.

6.3. Caractérisation morpho-analytique minimale des propriétés primaires des unités typologiques de sol

Les propriétés primaires du sol correspondent aux propriétés usuellement observées.

6.3.1. Sondages

Ils sont effectués à la tarière à main pour identifier et appuyer la compréhension de la répartition des types de sols. Il est recommandé d'approfondir l'observation pour une réutilisation ultérieure pour d'autres thématiques :

- Description de l'environnement immédiat du sondage (végétation, pente, morphologie, etc.).
- Séquence des horizons avec leur profondeur d'apparition et de disparition et transitions.
- Appréciation manuelle de la texture des horizons.
- Effervescence à l'acide HCl (dilution au 1/3N) à froid.
- Couleur (charte Munsell de préférence).
- Éléments grossiers : nature, taille, profondeur d'apparition.
- Taches d'oxydo-réduction : abondance nature et profondeur d'apparition.
- Nappe pédologique, notamment dans les sols sableux, profondeur d'apparition, et profondeur maximale estimée.
- Éléments secondaires (pseudomycélium, concrétions, etc.).
- Origine de l'excès d'eau (si présente).
- Nature du matériau parental (nature, friabilité, dureté, ..).
- Teneur en matière organique-MO- (si observable) .
- Faune du sol (traces d'activité).
- Traces d'activité humaine (anthropisation, ..), présence d'artefacts.

6.3.2. Fosses pédologiques

Pour les sites décrits et analysés dans les études préexistantes ou issus de la prospection, la totalité de la description morphologique et des résultats analytiques doit être numérisée selon le format DoneSol dans les tables PROFIL, HORIZON et toutes les tables associées aux résultats analytiques.

https://dw3.gissol.fr/fichiers/dictionnaire_donesol_igcs_3-14_05-11-2020.pdf

Les champs concernant la description du profil et des horizons doivent être renseignés au maximum. Pour les profils nouvellement décrits, il est en effet recommandé de renseigner le maximum d'informations, notamment :

- Informations demandées pour un sondage.
- Épaisseur, type (Référentiel Pédologique Français, 2008) et succession des horizons.
- Nature du matériau parental (nature, friabilité, dureté, ..).
- Couleur, texture, pierrosité, structure, porosité (importance et nature), compacité (test du couteau) de chaque horizon.
- Profondeur exploitable par les racines.
- Profondeurs d'apparition d'horizons réductiques ou rédoxiques et de ruptures de perméabilité.
- Densité apparente

Pour les profils anciens exploitables, il est évident que le renseignement ne se fait qu'à partir des informations disponibles. (Attention à la pertinence des valeurs sur certaines déterminations non pérennes des sols (teneur en MO, pH...) qui sont influencées par les pratiques - Attention également à l'ancienneté de certaines valeurs mentionnées sur les cartes).

Pour les nouvelles acquisitions, les déterminations analytiques à réaliser sont déterminées par la MOA et le chargé d'étude pédologique. Cependant, une série d'analyses minimales doit être réalisée sur chaque horizon :

- composition granulométrique (5 fractions avec ou sans décarbonatation, ou 8 fractions dans le cas de sols sableux),
- teneur en MO (carbone organique et azote total) (sauf horizons profonds),
- pH eau,
- teneur en calcaire total (si nécessaire, sol carbonaté),
- taux de calcaire actif (si nécessaire, sol carbonaté),
- CEC et cations échangeables (Ca, Mg, K, Na) et taux de saturation S/T,
- et pour les sols acides, teneur en aluminium échangeable.

Les analyses de terre seront effectuées sur des échantillons prélevés au niveau des fosses pédologiques observées et doivent être réalisées dans un laboratoire agréé par le ministère en charge de l'Agriculture. Le choix des méthodes d'analyse est laissé au chargé d'étude, mais elles doivent être renseignées dans DoneSol et associées aux résultats analytiques. Il est rappelé qu'une valeur sans méthode reste difficilement exploitable.

6.4. Caractérisations des propriétés des unités typologiques de sol

Dans tous les cas, les références collectées doivent comporter les éléments suivants pour caractériser les indicateurs définis dans le projet MUSE :

- Ensemble du sol : granulométrie, pH, teneur en calcaire, profondeur du sol, excès d'eau, présence et profondeur d'un plancher imperméable et des propriétés obtenues par des fonctions de pédotransfert : Réservoir Utile en eau (RU), perméabilité du sol.
- Horizons de surface : texture, pH, éléments grossier, salinité

Ces propriétés peuvent être soit mesurées directement sur les fosses pédologiques ou estimées à partir de fonctions de pédotransfert (RU, perméabilité), fonctions statistiques ou expertes déduisant une valeur de propriété fonctionnelle à partir des propriétés primaires du sol. La mesure directe est toujours préférable car les fonctions de pédotransfert existantes peuvent être peu précises lorsque les

sols de la zone d'étude auxquels elles sont appliquées sont très différents des sites ayant servi à construire ces fonctions. Cependant certaines propriétés fonctionnelles nécessitent de lourds protocoles de mesures qui ne sont pas pratiqués en routine par les laboratoires d'analyse ou qui peuvent renchérir considérablement les coûts d'étude. Lorsque c'est possible, un moyen terme doit donc être recherché mélangeant mesures directes et recours aux fonctions de pédotransfert.

Les informations contenues dans les BD BASIAS et BASOL et les secteurs d'information sur les sols (SIS) informent sur des sources potentielles de contamination, liées pour l'essentiel à des activités industrielles et de services (également activités militaires pour les SIS). Les Inventaires Historiques Urbains (IHU) permettent de préciser l'emprise des anciens sites industriels et activités de service de BASIAS à l'échelle du parcellaire cadastral. Ces informations peuvent orienter vers le besoin d'analyses supplémentaires. Dans la plupart des cas, des analyses complémentaires seront nécessaires s'il y a suspicion de contamination, tant en milieu urbain qu'agricole ou forestier. Dans le cadre de MUSE, il est proposé une carte indiquant la localisation des sources de pollution (potentielle) issues des bases de données BASIAS, BASOL et des SIS. Les données correspondantes sont directement visibles sous le portail cartographique Géorisques.

7. Le transfert des résultats

7.1. Principes généraux

L'objectif final de l'étude pédologique du PLU/PLUi est d'identifier les types de sols et d'apporter les éléments primaires pour construire les indicateurs définis. Ces indicateurs pourront être alors définis pour chaque type de sol et représentés de manière cartographique sur la carte des délimitations des unités de sols construites soit à partir du RRP, des études anciennes, ou de nouvelles données (cartographie systématique et/ou co-construction).

Pour le scénario s'appuyant sur le secteur de références, l'extrapolation à l'ensemble de la zone s'appuiera sur l'expertise pédologique du chargé d'étude. Elle pourra être complétée par quelques sondages de vérification sur la zone. Si le chargé d'étude dispose des compétences il pourra s'appuyer sur des méthodes de prédiction automatique des sols.

Par ailleurs la désignation des unités typologiques de sol se fera en respectant les nomenclatures en vigueur (Référentiel Pédologique ou World Reference Base (WRB)) et en accompagnant l'identification par un vocabulaire familier aux intervenants locaux tout en restant suffisamment précis pour éviter les ambiguïtés entre ces unités. Le maître d'ouvrage doit mobiliser les compétences suffisantes pour interpréter/comprendre les informations fournies.

7.2. Elaboration des clés de détermination des Unités Typologiques de Sol

Des difficultés peuvent être rencontrées lorsque les Unités Cartographiques de Sol (UCS) du zonage pédologique incluent des types de sols différents qu'il n'a pas été possible de délimiter compte tenu d'une trop faible densité des observations. C'est typiquement le cas des RRP mais aussi des zones extrapolées à partir du secteur de référence. L'alternative adaptée pour ces deux cas est l'élaboration d'une clé de détermination des sols basée sur des critères simples et faciles d'accès permettant d'identifier le ou les types de sols présents sur le territoire. Les références sont alors associées au type

de sol reconnu. Cette démarche n'est pas aussi simple ou n'est parfois pas applicable sur la partie urbaine.

Le chargé d'étude pourra proposer une lecture du paysage à partir de clés de détermination qu'il aura préalablement établies. Ces clés de détermination utiliseront comme premier critère les zonages pédologiques disponibles, mais aussi sur les critères les plus facilement observables et soulevant le moins d'ambiguïté pour discriminer les unités typologiques de sol restant possibles. Ces critères pourront être basés sur des observations de modelé de paysage, d'état de la surface du sol (pierrosité, couleur, texture), voire de sondages à la tarière (par exemple effectués à l'occasion des mesures de reliquat d'azote). Le cas échéant, des observations recueillies auprès d'agriculteurs sur leurs parcelles pourront également être mobilisées, la correspondance entre dires d'agriculteurs et UTS devra alors être établie.

A la demande, le chargé d'étude sera amené à organiser des sessions de formation afin de favoriser l'appropriation des clés de détermination établies par les intervenants locaux.

7.3. Estimation des indicateurs

A partir des paramètres pédologiques collectés, le chargé d'étude établira les différents indicateurs, définis dans le cadre du projet MUSE pour chaque UTS. Ils sont alors repris, agrégés et représentés au travers des UCS, seules entités cartographiées.

8. La présentation et diffusion des résultats

La nature de l'étude pédologique (précision géographique, qualité) ainsi que ses livrables sont variables selon les enjeux du territoire, l'état d'avancement de la démarche et le besoin de caractériser plus finement certaines zones en lien avec le projet porté par la collectivité, la qualité des informations pédologiques disponibles et leur degré de représentativité. Et ils sont évidemment dépendants des crédits mobilisés.

8.1. Principes généraux

Les résultats dans le cas de l'élaboration d'un PLU/PLUi ont vocation à être utilisés par un ou plusieurs utilisateurs potentiels aux objectifs et perceptions très différents :

- Les chargés d'études non pédologues travaillant sur le PLU/PLUi.
- Les acteurs locaux impliqués dans les approches sectorielles (OAP).
- Des acteurs non directement intéressés par les résultats mais qui seront ultérieurement amenés à ré-utiliser les données produites pour d'autres objectifs intéressant le même périmètre d'étude ou un périmètre plus large.
- Les acteurs de l'aménagement en général.

8.2. Informatisation des résultats de l'étude

La saisie informatique de l'étude pédologique est l'opération de base qui permet de stocker de façon sécurisée l'ensemble des données produites au cours de l'étude. La préconisation est de stocker les informations collectées sous le format national DoneSol. Il permettra également de valoriser les

données de manière mutualisée puisque les informations sont stockées sous un même langage. Ce qui sera développé pour une agglomération sera reproductible sur une autre, avec au préalable la collecte et la capitalisation des données.

Toutes les acquisitions de données nouvelles, ainsi que la vectorisation ou la mise en base des études pédologiques fournies doivent être transmises à Infosol@inrae.fr pour participer à l'enrichissement du Système d'Information (SI) des sols et à la capitalisation de la connaissance sur les sols. Ces données viendront enrichir le SI mais seront également vérifiées suivant les procédures en vigueur à INRAE.

Des corrections ou compléments pourront être demandées au (x) prestataire(s).

<https://dw3.gissol.fr/login> ou infosol@inrae.fr

De même l'utilisation d'études pédologiques non référencées dans REFERSOLS doit faire l'objet d'une information auprès d'Infosol pour une intégration future dans le système d'information.

Pour toutes les études, une première étude sera saisie dans DONESOL Web, correspondant au périmètre concerné par le zonage pédologique. Les éléments à saisir sont les suivants :

- Les caractéristiques générales de l'étude (Ex nombre d'unité cartographique, de profils, auteur, etc...) : table ETUDE.
- Les contours des unités cartographiques de sol (UCS) (transmission à Infosol (infosol@inrae.fr)).
- La description des différentes unités de sol (UTS) du zonage. Dans la plupart des cas une UTS sera rattachée à une UCS mais, exceptionnellement, pour certaines UCS à grande variabilité pédologique, plusieurs UTS pourront être utilisées : tables L_UCS_UTS. On s'attachera en particulier à décrire dans le champ nom_UTS en termes clairs et complets la morphologie de chaque UTS telle que l'on peut l'appréhender par sondage à la tarière et on précisera la classification du sol selon le Référentiel Pédologique Français.
- Les fosses pédologiques (observations et analyses de sol). Les caractéristiques des fosses et les analyses de sol seront saisies (tables profil, horizon, ...) et les fosses repérées sur une couche géographique de point.
- Toutes informations collectées dans le cadre de l'étude, après accord du propriétaire des données.

Dans le cas où le périmètre du PLU/PLUi excède le périmètre du zonage pédologique et a fait l'objet d'un échantillonnage par secteur(s) de référence(s), une deuxième étude (avec un numéro distinct), correspondant au zonage pédologique de l'aire d'extrapolation du secteur de référence sera saisie dans DONESOL Web. Les éléments à saisir seront semblables à ceux décrits précédemment, à l'exception des fosses pédologiques, absentes a priori. Les unités cartographiques de sol (UCS) seront celles issues du zonage de l'aire d'extrapolation du secteur de référence et les unités typologiques de sol (UTS) seront celles définies par la typologie simplifiée utilisée pour l'extrapolation des secteurs de référence. Le zonage étant à une résolution spatiale plus grossière que le zonage pédologique initial, une UCS sera généralement associée à plusieurs UTS.

Par ailleurs les autres éléments de l'étude qu'il n'est pas possible de saisir sous DONESOL (photos, clé de détermination, blocs diagrammes et coupes explicatives de distribution spatiale des sols,...), seront présents dans les différents rapports. Ils pourront être numérisés et transmis à la collectivité pour leur utilisation ultérieure.

8.3. Elements de restitution

Les éléments doivent être présentés de façon la plus concise et accessible possible l'essentiel des résultats de l'étude à l'usage du plus grand nombre :

- une explication des méthodes i) d'élaboration des limites des plages cartographiques de la carte, ii) d'acquisition, iii) de saisie et iv) de traitement des données,
- une description des surfaces levées, du nombre d'observations (décrites et décrites/analysées),
- une description succincte du milieu du PLU/PLUi, de la petite région naturelle pédologique, des conditions de l'étude, des intervenants, des études historiques, de la méthodologie employée (ex : nombre de sondages/ha, analyses de laboratoire réalisées, méthodes de cartographie employées, etc...), cartes pédologiques produites,
- les données en format numérique,
- la liste des études pédologiques mobilisées, synthèse de documents existants : cet inventaire est à verser dans REFERSOLS si des études n'y sont pas référencées,
- une présentation sous forme de fiche de sol des différentes unités typologiques de sol. Cette fiche de sol comprendra des photos (paysage et/ou profils), si nécessaire un bloc diagramme, une description morphologique d'un profil-type de l'unité ainsi qu'un tableau d'analyse des propriétés utiles. Dans le cas de la méthode des secteurs de référence, une présentation des éléments d'extension de l'étude à l'ensemble du territoire (méthode des secteurs de référence) : correspondance typologie initiale-typologie simplifiée, unités cartographiques de l'esquisse pédologique et clés de détermination associées,
- les éléments pour construire les différents indicateurs renseignant les fonctions que remplissent les sols définis dans le cadre du projet MUSE.

Ils seront intégrés à l'évaluation environnementale.

Références bibliographiques

- AFNOR (2007). Norme NF X31-560 : Qualité des sols - Cartographie des sols appliquée à toutes les échelles - Acquisition et gestion informatique de données pédologiques en vue de leur utilisation en cartographie des sols, septembre 2007, 15 p.
- Bellec P., Lavarde P., Lefebvre L., Madignier M.-L. (2015). Propositions pour un cadre national de gestion durable des sols. Rapport CGEDD n° 010068-01, CGAAER n° 14135. Septembre 2015, 135 p.
- Branchu P., Marseille, F., Béchet B., Bessière J.-P., Boithias L, Duvigneau C., Genesco P., Keller C., Lambert M.-L., Laroche B., Le Guern C., Lemot A., Métois R., Moulin J., Néel C., Sheriff R. (2022). MUSE. Intégrer la multifonctionnalité dans les documents d'urbanisme. 184 pages.
- CGDD (2019). Guide de l'évaluation environnementale des documents d'urbanisme. Une démarche au service de la qualité des documents d'urbanisme, 52p.
- Lagacherie P., Arrouays D., Walter C., 2013 - Cartographie numérique des sols : principes, mise en œuvre, potentialités. Etude et Gestion des Sols, 20(1), 83-98.

Liste des Illustrations

- Figure 1 : La démarche d'évaluation environnementale du PLUi (CGDD, 2019) 5
- Figure 2 : Identification et contacts des différents gestionnaires des Référentiels Régionaux Pédologiques..... 8
- Figure 3 : organisation UCS/UTS..... 9
- Figure 4 : Le RRP de l'Indre (BD SOL 36 – CA36-INRAE) –Entourée de rouge, la PRNP de la Champagne Berrichonne 10
- Figure 5 : Méthode de cartographie suivant les territoires. 12

