

Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude pédologique en vue d'établir un référentiel sol local sur des aires d'alimentation de captages.



Groupe de travail AFB-INRA :

Philippe Lagacherie (LISAH, INRA Montpellier, animateur)
Bertrand Laroche (Infosol, INRA Orléans, co-animateur)
Nelly Duigou (Chambre d'Agriculture du Cher)
Ghislain Girot (Infosol, INRA Orléans)
Patrick Le Gouée (CNRS, Université de Caen)
Laurent Rigou (ASUP, Angos)
Raymond Reau (UR Agronomie, INRA Versailles-Grignon)

Introduction

Les Aires d’Alimentation de Captage (désignées ultérieurement par l’acronyme « AAC ») sont des territoires d’autant plus sensibles qu’ils conjuguent une multiplicité d’enjeux, d’acteurs, à l’interface entre des compartiments naturels complexes. Le sol fait partie de ces compartiments dont le fonctionnement est mal connu et souvent négligé. Pourtant, son rôle est fondamental car les fonctions qu’il assure influent fondamentalement sur le cycle qualitatif et quantitatif de l’eau, via un ensemble de propriétés que l’on sait désormais mieux quantifier. Les AAC se composent de paysages agricoles, forestiers et urbains, des espaces qui recouvrent une multiplicité de sols aux caractéristiques variables ; les potentialités et contraintes diffèrent d’un secteur à l’autre, orientant par exemple les pratiques agricoles, les rendements, les rotations, mais également les risques de transfert des polluants (nitrates, pesticides, phosphore). Cette hétérogénéité peut subsister en milieu urbain, malgré un degré d’artificialisation souvent intense, elle peut aussi conduire à gérer de façon différenciée des espaces forestiers.

Au sein d’une même AAC, les propriétés des sols peuvent donc varier amplement, ce qui doit nécessairement moduler les diagnostics de vulnérabilité effectués sur l’AAC ainsi que les réponses aux pratiques introduites par les Plans d’action Territoriaux (PAT) ou les Contrats Territoriaux, selon les territoires. Comment prendre en compte cette variabilité afin d’optimiser les diagnostics et actions menés dans le cadre des PAT ? Les données liées aux sols sont souvent éparées, parfois anciennes, ne prenant en compte qu’une partie seulement du volume réel de fonctionnement effectif ; lorsque des cartes pédologiques sont disponibles, l’échelle des documents est souvent mal adaptée aux exigences des PAT dont l’objet se porte plus souvent sur la parcelle ; elles sont en conséquence peu mobilisées.

Pour faire face à ce problème, une démarche d’étude pédologique est proposée, basée sur des travaux pionniers réalisés récemment en région. Cette démarche s’inspire des méthodes dites de « secteurs de référence » (SR), déjà appliquées sur le territoire français, notamment pour le drainage agricole des terres. Ces méthodes portent d’abord un regard précis sur les sols d’un territoire, pour en comprendre les caractéristiques et les variabilités, puis élargissent le territoire analysé en extrapolant les informations collectées. Un autre champ complémentaire de réponse a également été exploré, consistant à construire de façon partagée le document cartographique définissant et localisant les sols d’une AAC avec les principaux acteurs des AAC, les agriculteurs.

De la nécessité de confronter et mutualiser les résultats de ces approches est née la constitution d’un groupe de travail national sous l’égide du pôle AFB-INRA Gest’Aqua et associant chercheurs, ingénieurs pédologues chargés d’étude d’AAC et institutionnels. L’intérêt de diffuser des méthodes qui apparaissent comme particulièrement pertinentes pour mieux répondre aux enjeux de la protection de la qualité de l’eau s’est traduit par l’écriture d’un guide méthodologique.

Ce guide méthodologique expose et reprend les principales conclusions de ces travaux préliminaires ; il les consolide en proposant une méthode innovante de cartographie des sols adaptée aux exigences des AAC et impliquant les exploitants agricoles dans la construction des documents. Il définit une terminologie de base, il replace la méthode dans le contexte des études habituellement réalisées dans ces AAC, il présente les acteurs et leur place dans le déroulé de la procédure.

1. – Le référentiel sol local pour une aire d’alimentation de captage

1.1. Aires de compétence de l’étude

L’étude SR AAC a pour objectif de fournir les références pédologiques pour le diagnostic des vulnérabilités de contaminations d’origine agricole des masses d’eaux souterraines et superficielles et pour l’élaboration des recommandations de conduite des productions agricoles et d’aménagement paysager sur les AAC classées sensibles. Au-delà de cet objectif, certains éléments de cette étude peuvent aussi être utilisés sur des espaces non agricoles susceptibles de contribuer à la pollution des captages (forêts, milieu péri-urbain).

L’étude pédologique, réalisée en vue d’établir un référentiel sol sur les aires d’alimentation de captage (ou AAC), s’applique sur des aires d’études dont les caractéristiques géographiques sont différentes. Trois cas sont possibles :

- L’étude porte uniquement sur une AAC isolée et de superficie limitée (< 1 500 ha) ;

- L'étude porte sur une AAC de grande superficie (la plus grande AAC répertoriée en France est de l'ordre de 700 000 ha) ;
- L'étude porte sur plusieurs AAC. Ceci concerne le cas où les collectivités gestionnaires des AAC se sont coordonnées pour constituer un marché d'étude unique du fait de l'appartenance des AAC à une même petite région naturelle pédologique (voir 3.2.)

Ces caractéristiques vont fortement impacter les modalités des études pédologiques préconisées, donnant lieu à des cahiers des charges différenciés (voir 3).

1.2 : Positionnement vis-à-vis des autres études d'AAC

La proposition d'une étude pédologique d'AAC intervient dans le cadre plus général des études d'AAC, où de nombreuses approches ont déjà été préconisées et font l'objet de cahiers des charges déjà appliqués. Loin de se substituer à ces approches, l'étude pédologique d'AAC doit intervenir en complément et en appui à ces études. Le préalable est donc d'identifier précisément les études qui pourront bénéficier des références produites par l'étude pédologique d'AAC. Celles-ci concernent les trois phases de la démarche de protection de l'AAC :

- **Diagnostic et zonage de la vulnérabilité intrinsèque.** L'objectif de cette phase est de cartographier la vulnérabilité des AAC en fonction des caractéristiques du milieu physique (sol, sous-sol, relief) agissant sur les différents modes de transfert des eaux pluviales vers les eaux souterraines et superficielles. De nombreuses méthodes ont été proposées pour réaliser cette phase d'étude. Après un examen détaillé de ces différentes méthodes, il apparaît nécessaire que l'étude pédologique d'AAC puisse servir aux deux méthodes faisant référence à l'échelle nationale (Guide BRGM, http://captages.onema.fr/system/files/vernoux_et_al._2014a.pdf et Guide IRSTEA http://captages.onema.fr/system/files/catalogne_et_al._2016.pdf). Au-delà de ces références, il est apparu important de considérer également d'autres méthodes de diagnostic de vulnérabilité appliquées dans les AAC (ex méthode PRADO) qui sont plus précises que les guides pré-cités quant à la prise en compte du sol dans les diagnostics de vulnérabilité, ces méthodes étant aussi plus exigeantes en matière de données sur le sol
- **Diagnostic territorial des pressions agricoles.** L'objectif de cette phase est de faire le point sur la connaissance des pratiques et sur l'origine des pollutions agricoles dans l'AAC. Elle permet également d'évaluer la qualité de l'eau que l'on peut attendre avec les pratiques actuelles et d'identifier des priorités du plan d'actions à mettre en œuvre. Il apparaît nécessaire que l'étude pédologique puisse alimenter les méthodes préconisées dans le guide INRA (<https://www6.versailles-grignon.inra.fr/agronomie/Productions/Outils-et-modeles/Diagnostic-Territorial-Pressions-et-Emissions-Agricoles>).
- **Construction du plan d'actions de protection de l'AAC.** Cette phase d'étude consiste à définir l'ensemble des actions visant à maintenir et/ou restaurer une bonne qualité de la ressource en eau dans l'AAC (http://captages.onema.fr/system/files/medde-maaf_2013_4.pdf). L'étude pédologique d'AAC décrite dans ce guide se positionne comme pourvoyeuse de données pédologiques pour une stratégie de construction du plan d'actions dans la durée et ce, à partir d'observations partagées par les techniciens et les agriculteurs afin de forger des références communes en matière de production d'eau potable.

Dans l'idéal, l'étude pédologique d'AAC devra intervenir chronologiquement avant les trois phases d'études décrites plus haut. Dans le cas où il existerait déjà une étude de vulnérabilité intrinsèque de l'AAC, l'étude pédologique est tout de même recommandée pour les deux phases suivantes.

1.3. : Nature des références à acquérir

Pour ce qui concerne les diagnostics de vulnérabilité intrinsèque au sein de l'AAC, l'étude pédologique a pour objectif de fournir les données pédologiques de base, impliquées dans les méthodes multicritères servant à définir les niveaux de vulnérabilité (principalement classes texturales, profondeur, charge en élément grossier). Elle a également pour objectif de fournir des données plus spécifiques utiles pour améliorer la caractérisation des sols vis-à-vis des processus gouvernant la vulnérabilité des AAC (ex : humidités spécifiques, valeur de stabilité structurale), permettant ainsi l'application de méthodes de diagnostic de vulnérabilité plus exigeantes en données sur le sol (ex : méthode PRADO)

Pour ce qui concerne les diagnostics de pressions agricoles et l'élaboration des plans d'actions résultant de ces diagnostics, les objectifs de l'étude pédologique sont les suivants :

- Identifier les atouts et les contraintes que peuvent présenter certains sols vis à vis de certaines pratiques envisagées ;
- Fournir les données de base pour appliquer les méthodes de diagnostic des pressions polluantes, pour paramétrer les modèles utilisés pour simuler les scénarios prospectifs (ex MERLIN, ARTHUR, I-PHY, Aquavallée...), et pour évaluer les émissions de polluants par les champs cultivés et la qualité de l'eau à atteindre à terme à l'exutoire;
- Servir de support à la conception et à la gestion d'observatoires locaux des champs cultivés et de l'eau en fournissant une typologie de sols locaux ;
- Servir de support pédagogique pour favoriser la prise en compte du sol dans les décisions des agriculteurs et des aménageurs de l'AAC, entre autres

L'ensemble des propriétés de sol, correspondant aux références à acquérir évoquées précédemment, est détaillé en 6.3. et 6.4.

1.4. : Résolution spatiale

Les références pédologiques à construire doivent être, au final, délivrées à une résolution spatiale suffisante pour pouvoir caractériser individuellement les surfaces agricoles considérées comme étant l'unité de gestion élémentaire de l'agriculteur dans l'AAC (appelées plus loin « unité de gestion agricole »). Ces unités de gestion pourront être les parcelles agricoles ou les îlots parcellaires tels que considérés dans les procédures de la Politique Agricole Commune (PAC). Dans certains paysages de grandes parcelles, des subdivisions de parcelles, selon les caractéristiques de sol et susceptibles d'être gérées de façon différenciée par les agriculteurs, pourront être nécessaires.

Cette forte résolution spatiale visée est une condition nécessaire pour que l'étude pédologique soit utilisée effectivement dans l'étude générale de l'AAC. **En aucun cas, une résolution spatiale plus grossière sera choisie si la taille de l'AAC est importante.** Une approche par secteurs de référence¹ sera choisie dans ce cas (voir 3.4).

2. – Les acteurs et l'organisation de l'étude

2.1. : Maître d'Ouvrage

Le maître d'ouvrage (MOA), qui est le plus souvent une collectivité (commune ou groupements de communes responsable de l'alimentation en eau potable), est en charge de la démarche de protection des aires d'alimentation des captages d'eau potable qu'il gère. Il porte politiquement et techniquement cette démarche de protection, qui doit s'inscrire dans la durée et dans le projet plus large de territoire. Le MOA identifie les acteurs concernés et s'assure de leur adhésion à la démarche ainsi que de l'appui des partenaires institutionnels (Etat, agence de l'eau, ...).

¹ Un secteur de référence est un périmètre limité choisi pour être représentatif de la zone à étudier, sur lequel il est possible de concentrer les prospections en vue de déterminer les caractéristiques et les lois de distribution spatiales des différents types de sol présents sur cette zone d'étude.

Il impulse la démarche et définit la stratégie du projet (proposition d'un projet technique, définition des objectifs en matière de qualité de l'eau, d'un calendrier et d'un tableau prévisionnel des financements).

Il s'assure de la diffusion de l'information auprès des différents acteurs.

Bien qu'il soit assisté par les différents acteurs décrits ci-après dans toutes les décisions relatives à la conduite de l'étude, il reste en dernier ressort le seul responsable des choix effectués au cours de l'étude.

2.2. : Assistant au Maître d'ouvrage

Il est fortement recommandé que le MOA s'assure du soutien d'un assistant au maître d'ouvrage pour les études pédologiques. L'assistant au maître d'ouvrage est un pédologue dont les compétences en matière de sol sont reconnues par une certification AFES ou par le Conseil Scientifique National du programme IGCS. 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 du scénario d'étude identifié (3.4.), et pour choisir, au besoin, les périmètres des secteurs de référence (3.5.). 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 de profils 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.

2.3. : Le chargé d'étude pédologique

Le chargé d'étude pédologique est un ingénieur aux compétences professionnelles reconnues en pédologie et cartographie pédologique. Il est choisi par le MOA en concertation avec l'assistant au maître d'ouvrage.

Le chargé d'étude pédologique est responsable de la conduite des divers types d'investigation nécessaires pour élaborer la typologie des sols de la petite région naturelle pédologique, ses lois de distributions associées et les références sur les propriétés et comportements des sols en relation avec le problème posé (prospections de terrain, déterminations de laboratoires, enquêtes, analyses bibliographiques, etc...). Il intervient sur l'extrapolation des références sol sur l'ensemble des AAC (cas des grandes AAC ou de groupes d'AAC). Il participe également à l'interprétation des données pour délivrer les recommandations techniques vis-à-vis des points identifiés dans le plan d'actions. Il est enfin responsable de la rédaction et de l'édition des différents documents (cartes, rapports, fichier) prévus au cahier des charges. Il interprète et rend accessible les données aux différents acteurs.

2.4. : Co-constructeurs de l'étude

Les co-constructeurs sont les acteurs locaux (agriculteurs, conseillers agricoles et acteurs économiques locaux) qui ont acquis des informations sur le comportement des sols de l'AAC grâce à leurs capacités d'observation sur le terrain sur plusieurs années. Ces informations, complémentaires de celles du chargé d'étude pédologique, doivent être mobilisées au maximum dans un processus participatif pour construire les références pédologiques communes. Ceci permet de maintenir les coûts d'étude dans des limites raisonnables et d'assurer une meilleure appropriation des résultats de l'étude pédologique d'AAC, y compris de ses limites.

Les co-constructeurs sont associés tout au long du déroulement de l'étude au moyen de réunions (en groupe ou en individuel) de présentation, de concertations et d'échanges sur les résultats (voir 4. et 5.).

2.5. : Le Comité de Pilotage

Sous la présidence du maître d'ouvrage, le comité de pilotage (COPIL) réunit l'ensemble des acteurs (service de l'État, financeurs, prescripteurs locaux, etc.). Le rôle du COPIL est de suivre et contrôler l'avancement des opérations et d'assister le maître d'ouvrage dans toutes les décisions concernant la conduite de la démarche de l'AAC. Durant la période de déroulement cette l'étude, il comprend obligatoirement l'assistant au maître d'ouvrage de l'étude pédologique. Le chargé d'étude pédologique y présente ses travaux.

2.6. : L'animateur de Bassin versant

L'animateur.trice de bassin versant (ou animateur.trice territorial d'AAC) assure la concertation, la communication et le relais entre les différents acteurs de l'AAC (collectivités, administration, usagers de la ressource en eau, etc.). Il (elle) tend à fédérer ces acteurs autour des mêmes objectifs tout en conciliant enjeux politiques, économiques, humains et les contraintes réglementaires. Il (elle) organise sur le plan technique, financier et administratif des études et des travaux se déroulant sur l'AAC.

A tous ces titres, il (elle) est un récipiendaire privilégié de l'étude pédologique d'AAC. Le degré d'appropriation des résultats de cette étude par l'animateur.trice devra être élevé pour permettre une bonne diffusion des références acquises par cette étude. Il (elle) sera donc associé(e) étroitement à toutes les phases de l'étude.

3. Définition préalable de l'étude

3.1. Attendus et Objectifs

La nature de l'étude pédologique ainsi que ses livrables sont variables selon la taille de l'aire de captage envisagée (1.1.), la qualité des informations pédologiques disponibles et leur degré de représentativité vis-à-vis de la ou les AAC à étudier. En amont de l'appel d'offre, le maître d'ouvrage, avec l'aide de l'assistant au maître d'ouvrage, prend connaissance de ces éléments de contexte et les considère pour préciser le cahier des charges des études pédologiques. Les articles suivants décrivent la démarche à suivre pour réaliser cette phase préalable.

3.2. AAC et petites régions naturelles pédologiques

Le cadre géographique d'une étude pédologique d'AAC est la petite région naturelle pédologique (PRNP). Il s'agit d'un territoire de quelques milliers à plusieurs dizaines de milliers d'hectares, caractérisé par une homogénéité relative du milieu aux plans climatique, géologique, géomorphologique et agronomique. Cette homogénéité a pour conséquence qu'un nombre limité de types 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 la carte au 1/250 000 du Référentiel pédologique régional.

Lorsqu'une aire de captage est de taille trop importante pour pouvoir bénéficier d'une étude pédologique détaillée exhaustive (voir article 3.5), son périmètre doit être renseigné par la ou les petites régions naturelles pédologiques intersectées.

A l'inverse, plusieurs AAC de taille modeste peuvent être englobées dans une même petite région naturelle pédologique. Ceci doit être vérifié par le MOA (avec l'aide de l'AMO) qui aura intérêt à regrouper les AAC d'une même PRNP dans un même appel d'offre de façon à réaliser des économies

d'échelle sur les études pédologiques. Ce regroupement pourra être effectué sur la base des localisations géographiques des AAC et des Référentiels Régionaux Pédologiques au 1/250 000.

3.3. Recherche et acquisition des études pédologiques existantes

Le maître d'ouvrage, avec l'aide de l'assistant au maître d'ouvrage, procédera à une recherche systématique des études pédologiques anciennes intéressant directement les AAC ou situées dans la même PRNP que l'AAC en utilisant les logiciels en ligne, disponibles sur le site du GISSOL (REFERSOLS (<http://webapps.gissol.fr/georefersols/>)). En effet, la disponibilité de telles études est susceptible de procurer des économies significatives sur le coût de l'étude.

Les données du Référentiel Régional Pédologique (RRP) qui constituent le minimum de données accessibles sur l'ensemble du territoire français seront obtenues auprès de l'opérateur national ou régional distribuant ces données (liste disponible par région à consulter sur le site du GISSOL ou auprès de l'adresse infosol@inra.fr).

Les études pédologiques à des échelles plus grandes que 1/250 000 devront être récupérées sous leur forme numérisée en base de données (DONESOL) ou, par défaut, sous forme d'un fichier numérique issu d'un scan de l'étude originale (format pdf par exemple). Dans ce dernier cas, pour les études envisagées comme support du zonage pédologique de l'AAC (voir article 3.5.), le maître d'ouvrage sera attentif à la qualité des documents de façon à permettre leur numérisation au cours de l'étude. Au besoin, il recherchera les données, documents (notamment les cartes de sol) auprès des commanditaires des études.

L'ensemble des études pédologiques collectées sera porté à connaissance des chargés d'études candidats au moyen d'un descriptif figurant en annexe de l'appel d'offre.

3.4. Définition des différents scénarios d'étude

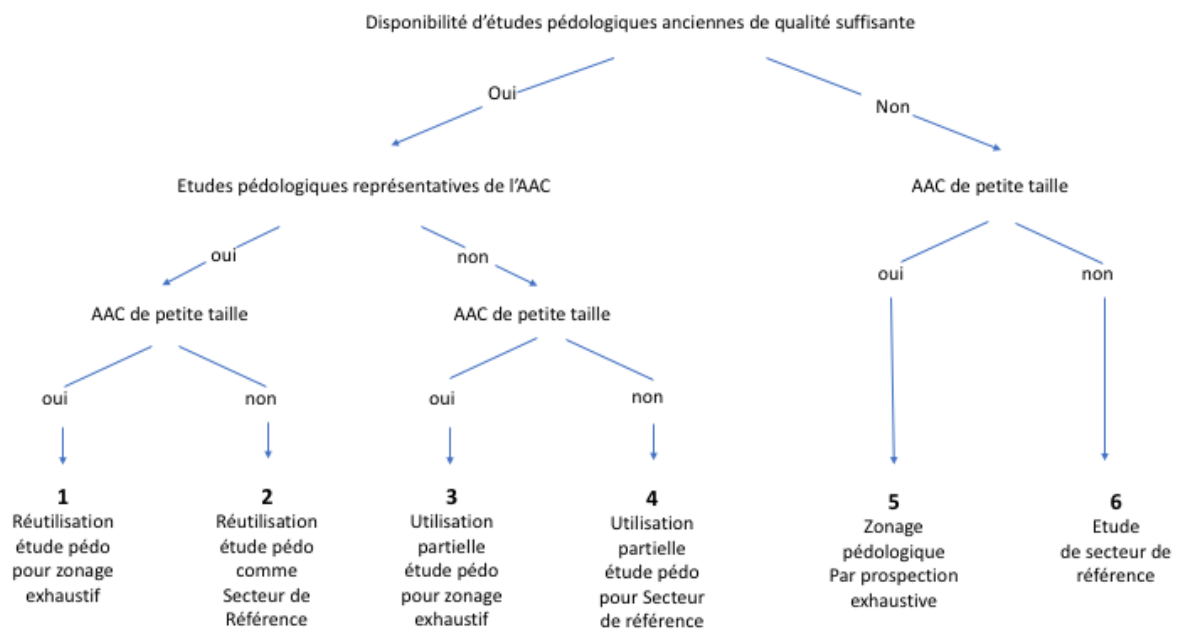


Figure 1 : Identification des différents scénarios d'étude pédologique

Différents scénarios d'études sont définis au moyen d'une succession de trois critères portant respectivement sur la qualité des études pédologiques anciennes éventuellement disponibles, sur le degré de représentativité de ces études vis-à-vis des AAC et sur la taille des AAC à étudier (figure 1). Ces trois critères sont explicités ci-après.

- Les études pédologiques anciennes 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 zonages pédologiques de l'AAC. Ceci sera apprécié en considérant 1) une précision requise minimum : 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, 3) et la disponibilité d'une annexe détaillée avec profils et analyses géo-référencées.
- Il sera considéré que l'étude pédologique ancienne est représentative de l'AAC s'il est possible de supposer que l'ensemble des unités typologiques de sol (UTS²) présentes dans l'AAC sont englobées dans le périmètre de l'étude. Cette hypothèse est raisonnable si le périmètre de l'étude pédologique ancienne inclut la majeure partie des AAC. Elle peut également être envisagée si l'étude pédologique ancienne est un ancien secteur de référence défini comme tel ou si cette étude pédologique ancienne recoupe les Unités Cartographiques de sol³(UCS) du Référentiel régional pédologique présentes sur les AAC. Dans ce dernier cas, une visite de contrôle sur le terrain avec un expert pédologue pourra permettre de confirmer cette représentativité.
- Il sera considéré que l'AAC est de petite taille s'il est possible d'envisager un zonage pédologique exhaustif compte tenu des moyens disponibles pour l'étude. Ceci correspond approximativement à des tailles d'AAC inférieures à 1500 ha, à moduler éventuellement selon la complexité du milieu pédologique. Dans le cas où les superficies d'AAC dépassent ce seuil, une étude de secteur de référence représentatif et d'extension limitée sera choisie. **En aucun cas, la précision de l'étude pédologique envisagée sera diminuée pour compenser la taille trop importante de l'AAC.**

La combinaison des critères explicités ci-dessus permet d'identifier six scénarios d'étude différents (figure 1) qui seront pris en compte pour le zonage pédologique (article 4) et la caractérisation des unités typologiques de sol (article 6). Le maître d'ouvrage devra choisir le scénario adapté à l'étude dont il a la charge. Il s'appuiera pour cela sur l'assistant au maître d'ouvrage pour apprécier les différents critères énoncés ci-dessus. Des cahiers des charges type correspondant aux différents scénarios identifiés sont proposés en annexes.

3.5. Délimitation de secteurs de référence

Dans les cas où les AAC à étudier sont d'une taille trop grande pour bénéficier d'un zonage pédologique exhaustif (scénarios d'étude 2, 4 et 6, (figure 1), le maître d'ouvrage, avec l'aide de l'assistant au maître d'ouvrage, délimite un secteur de référence. Il s'agit d'une zone représentative de la petite région naturelle pédologique dans laquelle est située l'AAC, offrant toutes les garanties d'exhaustivité pour la conduite des études, pour l'expérimentation et pour la valorisation des références acquises. La superficie d'un secteur de référence est de l'ordre de 3% de la superficie de la PRNP, à moduler selon la complexité attendue du milieu pédologique et la taille de la PRNP. Elle se répartit en une zone unique ou en deux à trois sous-zones. Les critères de choix du secteur de référence sont, par ordre hiérarchique, les suivants :

- Représentativité vis-à-vis de l'ensemble de l'AAC : les périmètres sont définis de façon à recouper un maximum d'UCS dans un minimum de territoire en respectant une cohérence de topographie (prise en compte de topo-séquences complètes) ;
- Existence d'études pédologiques anciennes de qualité suffisante pour pouvoir être utilisées pour le zonage pédologique du secteur de référence (scénarios 2 et 4, figure 1) ;

² Une unité typologique de sol (UTS) représente une portion de la couverture pédologique dont le contenu est caractérisé par une succession de couches (« horizons ») ayant des propriétés (ex : texture, teneur en matière organique, etc...) présentant une certaine homogénéité permettant une description synthétique.

³ Une unité cartographique de sol (UCS) représente une portion de territoire délimité sur des cartes pédologiques et caractérisé soit par une UTS (cas simple des cartes pédologiques détaillées et/ou des cartes abordant des milieux pédologiques peu variables) soit par plusieurs UTS (cas des cartes peu détaillées et/ou des cartes abordant des milieux pédologiques complexes)

- Facilitation de l'étude du fait de l'intérêt potentiel des agriculteurs concernés : à apprécier à partir de l'expérience des techniciens locaux.

Dans le cas particulier où plusieurs AAC sont à caractériser dans une même PRNP (voir article 3.2.), une des AAC sera choisie prioritairement comme secteur de référence en tenant compte des critères précédemment évoqués.

3.6. Choix de la méthode de diagnostic de vulnérabilité intrinsèque

Afin de préciser les objectifs de l'étude pédologique d'AAC, le maître d'ouvrage doit identifier la méthode de diagnostic de vulnérabilité intrinsèque qui utilisera les données pédologiques recueillies. Plusieurs méthodes existent aux niveaux national et local (1.2.). Le maître d'ouvrage, avec l'aide de l'assistant au maître d'ouvrage, choisira la méthode la plus adaptée à son contexte local.

3.7. 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 publique peut être organisée dès le début de l'étude pour présenter le chargé d'étude, expliquer les objectifs et le déroulement de l'étude, obtenir l'accord de principe d'agriculteurs au sujet de leur contribution à l'étude : accès de leur parcelle pour le zonage pédologique et la caractérisation des sols et participation aux enquêtes et ateliers participatifs (voir 5.).

4. L'enquête sur la perception des sols par les agriculteurs

4.1. Objectifs de l'enquête :

Une enquête relative à la perception des sols par les agriculteurs est réalisée par le chargé d'étude. Les objectifs de cette enquête sont doubles :

- Associer pleinement les agriculteurs à la démarche de construction des documents cartographiques ; préciser l'état des connaissances en matière de sol, recueillir les particularités liées aux appellations locales vernaculaires, recueillir toutes les informations susceptibles de préciser le fonctionnement des sols et son ressenti par l'exploitant ;
- Alléger le coût des études en mobilisant les données et connaissances détenues par les agriculteurs sur les sols de l'AAC. Il s'agit en particulier de compléter et préciser le zonage pédologique (voir 5.5), contribuer à la caractérisation des unités de sols (voir 6.3) en recueillant les analyses de terres effectuées par les agriculteurs et fournir des critères permettant l'extrapolation de l'étude à des territoires plus vastes (voir 7.3.)

Dans le cas où une partie conséquente de l'AAC est occupée par des espaces non agricoles, on associera utilement les acteurs de ces espaces à cette enquête.

4.2 Méthodologie de la phase d'enquête :

Il est important que le maître d'ouvrage avertisse au préalable les exploitants agricoles qu'une phase d'enquêtes individuelles va être lancée. Pour s'assurer de la pleine coopération des agriculteurs dans cette phase, il vaut mieux annoncer que cette carte n'a pas vocation à être publiée en tant que telle, mais qu'elle sert à étayer et enrichir le zonage pédologique.

Densité et type d'informations

L'enquête en exploitation semble préférable à la réunion d'un groupe d'agriculteurs, car il permet une expression plus libre. Il faudra néanmoins se garder des biais liés à la diversité des objectifs de production des agriculteurs. Ces enquêtes doivent permettre de recueillir les informations liées aux sols les plus complètes possibles, à la fois du point de vue du territoire (la surface globale de l'AAC doit être couverte par des informations provenant des exploitants) et du point de vue des exploitants de la zone. Il est ainsi nécessaire que la totalité de la surface de l'AAC soit décrite au moyen d'un nombre optimum d'exploitants de l'AAC enquêtés ; le nombre d'enquêtes doit être ajusté en fonction de la taille de l'AAC ; si le nombre d'enquêtes à réaliser est trop élevé au regard du nombre d'exploitants de la zone, il est recommandé de prioriser une bonne répartition géographique des informations recueillies et leurs localisations dans les zones à enjeu plutôt qu'un nombre élevé d'entretiens réalisés.

Un document cartographique est nécessaire comme support de discussion. Il pourra prendre la forme d'une cartographie du parcellaire de l'exploitant sur fond IGN ou, à défaut, d'une orthophoto. Les questions abordées porteront sur les choix et pratiques agricoles qui sont en lien avec les caractéristiques des sols en ayant à l'esprit au cours de l'enquête que l'agriculteur « a toujours une raison de faire ce qu'il fait ». Elles permettent ainsi de recueillir la connaissance spécifique des sols des agriculteurs. A titre d'exemple, différentes questions ouvertes non orientées peuvent être posées :

- Votre meilleure parcelle, votre plus mauvaise parcelle ? pourquoi ?
- Pouvez-vous dessiner les limites entre les types de sols que vous percevez dans vos parcelles ?
- Quels critères de distinction entre ces types de sols ?
- Constatez-vous une évolution de vos sols au fil du temps ?
- Quelles cultures implantez-vous ? pourquoi ? (les sensibilités/préférences de chaque espèce sont à rattacher ensuite aux caractéristiques de sol, ex : luzerne = sol sain, carbonaté / orge = sensible à l'excès d'eau hivernal)
- Est-ce que vous apportez des amendements organiques, calciques ? pourquoi ? où ?
- Faites-vous des analyses de sol ?
- Quels seraient vos besoins en termes de connaissance des sols ?

Les réponses à ces questions doivent être analysées par le chargé d'étude de façon à les reformuler pour l'usage de l'étude.

Articulation avec le reste de l'étude et phasage spécifique

Les enquêtes individuelles sont réalisées de préférence après le premier zonage pédologique élaboré par le chargé d'étude. Ce document lui sert donc de base pour une discussion avec les agriculteurs. La carte des sols, élaborée par le pédologue et enrichie des données fournies par les exploitants au cours des entretiens, fait l'objet d'une première réunion de restitution en réunion technique rassemblant les agriculteurs enquêtés. Si des corrections et compléments doivent être apportés à la carte pédologique à l'issue de cette réunion, alors le chargé d'étude programmera une deuxième réunion de restitution pour présenter la carte pédologique définitivement adoptée. Il est donc proposé de prévoir a priori deux réunions avec les agriculteurs enquêtés.

4.3. Collecte des analyses de terre existantes

De nombreuses analyses de terres sont commandées par les agriculteurs pour la gestion de leur fertilisation et peuvent ainsi permettre d'abonder la caractérisation des unités de sol distinctes. La procédure de récupération de ces analyses de terre doit comporter les étapes suivantes :

- Obtenir le consentement éclairé de l'agriculteur pour l'utilisation de ses analyses de terre dans l'étude pédologique. Pour faciliter ce consentement et éviter des problèmes juridiques liés à la confidentialité des données, il est conseillé de garantir que les coordonnées géographiques

précises, même si elles existent, ne seront pas communiquées dans l'étude. En effet, la seule appartenance du site analysé à une unité de sol peut s'avérer suffisant pour l'étude ;

- Apparier chaque site avec des unités de sol du zonage pédologique. Ceci peut être fait sur des bases de localisation géographique (coordonnées géographiques ou numéro pacage de la parcelle) complétées au besoin sur des bases de description pédologique du site lors du prélèvement d'analyse.

4.4. Modalités de restitution des informations

Le chargé d'étude remettra au maître d'ouvrage :

- La liste des exploitants enquêtés, ainsi qu'une carte de localisation des secteurs de l'AAC (parcelles, îlots culturels, etc.) sur lesquels il dispose d'une information recueillie au cours des entretiens,
- Un document cartographique permettant de distinguer les grands ensembles de sols tels que ressentis par les exploitants. Il faut noter que ce document n'a pas pour vocation à être publié en l'état.
- Dans le cas où des termes spécifiques consensuels sont utilisés par les agriculteurs pour décrire les sols et leurs comportements, un glossaire de ces termes sera fourni avec leur traduction potentielle d'un point de vue type de sol ou fonctionnement du sol.

5. Les zonages pédologiques

5.1. Les différents types de zonages pédologiques

Compte tenu de la diversité des scénarios d'étude considérés (figure 1), les zonages pédologiques à réaliser dans une étude pédologique d'AAC auront des objectifs et des méthodes différentes. Ainsi, il convient déjà de distinguer :

- Le zonage pédologique détaillé, effectué sur l'aire d'alimentation de captage à étudier ou sur un secteur de référence représentatif. Ce zonage a pour objectif de 1) définir les différentes unités typologiques de sol qui doivent être distinguées, 2) établir les lois de distribution des sols dans le paysage, 3) choisir les sites représentatifs où seront effectuées les caractérisations de sol.
- Le zonage pédologique moins détaillé que le précédent sur l'aire d'extrapolation du secteur de référence (scénarios 2 et 6, figure 1). Ce zonage a pour objectifs de vérifier la représentativité du secteur de référence et de faciliter l'identification des unités typologiques de sol, les unités cartographiques délimitées étant utilisées par la clé de détermination pour restreindre le choix des unités typologiques de sol possibles.

De plus le zonage pédologique détaillé prendra lui-même deux formes différentes selon qu'il est effectué à partir d'une prospection systématique rendue nécessaire par l'absence d'une étude pédologique ancienne de qualité suffisante (scénarios 5 et 6 et, partiellement, 3 et 4) ou à partir d'une telle étude pédologique ancienne (scénarios 1 et 2 et, partiellement 3 et 4). Ce sont donc trois types de zonages pédologiques dont les méthodologies sont décrites dans les articles suivants.

5.2. Zonage pédologique détaillé à partir d'une prospection systématique.

Le zonage pédologique par prospection systématique, nécessaire pour les scénarios 5 et 6 et, partiellement, 3 et 4, fait appel à des observations de surface et à des sondages à la tarière (1,20m de profondeur en sol ni caillouteux, ni rocheux, 2,0m dans certains cas au besoin). Une densité moyenne de sondage de 1 pour 5 ha est recommandée pour pouvoir, à ce stade, identifier toutes les unités typologiques de sol à distinguer et approcher leur localisation dans la zone d'étude. La densité est à adapter toutefois à l'hétérogénéité du sol et à la nature du couvert végétal. Suivant le cadre géomorphologique régional (zones de plaines alluviales ou de marais, paysages collinaires, etc.), les

sondages sont disposés en semis réguliers ou selon des transects plus ou moins espacés. Ils sont repérés sur le fond topographique et décrits de manière systématique (position topographique, occupation du sol, apparence de surface, épaisseurs des horizons, texture, pierrosité, couleur, réaction à HCL, humidité, consistance, ...). Le zonage pédologique est réalisé idéalement à des périodes où les observations de surfaces sont les plus faciles à réaliser et sont les plus révélatrices de changements de sol (périodes de sol nu en milieux cultivés, de floraisons en milieu prairial ou forestier par exemple). Lors de la prospection de terrain, le chargé d'étude 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 de sol adjacentes, en particulier le long d'un versant (toposéquence) et au sein d'un bassin versant.

A l'issue de cette prospection, une liste des unités typologiques de sol (UTS) avec leurs descriptions sommaires, ainsi qu'une première carte les localisant dans la zone d'étude, sont établies. A ce stade de l'étude, une délimitation précise de ces unités n'est pas requise, sachant que cette délimitation sera ultérieurement obtenue par le processus de co-construction décrit plus loin (4.5.).

5.3. Zonage pédologique détaillé à partir d'une étude pédologique ancienne

Dans le cas où le zonage pédologique d'une précédente étude peut être réutilisé (scénarios 1 et 2 et, partiellement 3 et 4), le chargé d'étude devra, 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 1) la numérisation des contours des Unités Cartographiques de Sols (UCS), 2) en la saisie des descriptions morphologiques et des analyses de laboratoire effectuées sur les profils de sol et 3) des caractéristiques des UCS et des UTS figurant dans la notice de l'étude. Le format national de base de données pédologiques DONESOL sera utilisé (voir les détails de la méthode de numérisation en 8.2.). 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 ultérieurement pour collecter les informations nécessaires à l'élaboration des clés de détermination des Unités Typologiques de Sol.

5.4. Zonage pédologique de l'aire d'extrapolation du secteur de référence

Le zonage pédologique de l'aire d'extrapolation du secteur de référence, nécessaire pour les scénarios 2 et 6, s'appuiera sur les études pédologiques anciennes disponibles, au minimum la délimitation au 1/250 000 des unités cartographiques de sols 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 pour 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 cette étude (7.x)

5.5. Co-construction du zonage pédologique

Afin de permettre l'appropriation et l'acceptation de l'étude pédologique par ses futurs utilisateurs, il est important que ces derniers participent activement au zonage pédologique. Pour cela, le chargé d'étude mettra en place avec les agriculteurs et les prescripteurs locaux un processus de co-construction

itératif visant à préciser et modifier les zonages détaillés décrits en 5.3 et 5.4. Trois présentations du zonage sont recommandées :

- A la suite de l'enquête sur la perception des sols par les agriculteurs (voir 5.) lors de laquelle il aura été recueilli de nouvelles informations sur la localisation des différents types de sol de la zone, le zonage pédologique sera précisé par le chargé d'étude, au besoin à la suite de visites de contrôle sur les sites incertains.
- A la suite de deux séries d'ateliers participatifs où le zonage pédologique sera présenté et expliqué aux participants. Les avis et les consensus dégagés en séance seront pris en compte par le chargé d'étude jusqu'à arriver à un zonage accepté par tous, y compris vis-à-vis des limites qu'il peut comporter pour rendre compte de variabilités de propriétés très locales ou de distributions spatiales d'unités de sol reconnues comme particulièrement complexes.

Le zonage pédologique ainsi co-construit servira de référence pour tout recueil ultérieur de références pédologiques dans le cadre des études d'AAC.

6 Acquisition des références sur les unités typologiques de sols

6.1. Définitions et objectifs

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. Ces références comprennent des observations morphologiques, des analyses de terres, des mesures *in situ*, des résultats d'enquêtes et des résultats d'expérimentations ou de simulations. L'interprétation de ces références débouche sur des recommandations par unité typologique de sol permettant aux prescripteurs locaux de délivrer un conseil à la parcelle vis-à-vis du problème traité. Les recommandations peuvent évoluer dans le temps grâce à la prise en compte de nouvelles références pédologiques.

Dans le cadre strict de l'étude pédologique d'AAC assumé par le chargé d'étude pédologique, l'objectif est de fournir des références exclusivement pédologiques, c'est-à-dire des observations morphologiques et des mesures de propriétés des sols. Le recueil des autres références est assuré par les études ultérieures se déroulant sur la même AAC (diagnostic des pressions polluantes, conception des plans d'actions).

6.2. Localisation et examen des fosses pédologiques.

Les références pédologiques sont acquises grâce à des fosses pédologiques observées sur 1,50m à 2,50m de profondeur, jusqu'à l'apparition d'une roche mère ou d'un horizon paralithique (fosses creusées de préférence avec un engin mécanique).

La densité de ces fosses doit être telle que chaque unité typologique de sol est caractérisée par au moins une fosse, 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 réutilisation d'une étude pédologique ancienne détaillée couvrant l'ensemble de la zone d'étude (scénarios 1 ou 2), un minimum de fosses sera néanmoins creusé afin de vérifier les descriptions morphologiques d'unités de sol de l'étude pédologique ancienne et de fournir le support nécessaire aux tournées de terrains organisées dans le cadre de l'étude pédologique de l'AAC (voir 8.). 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. Cependant, dans la mesure du possible, il est conseillé de prélever et de conserver tout de même les échantillons de sol pour se donner la possibilité d'une analyse de sol ultérieure.

Sachant qu'il peut être parfois difficile d'anticiper au début de l'étude le nombre d'unités typologiques de sol qui seront définies sur la zone 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 et en concertation entre le chargé d'étude pédologique, le maître d'ouvrage et son assistant. 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.

L'emplacement des fosses est choisi en fonction de la prospection préalable et de l'emplacement des fosses déjà disponibles, de manière à caractériser au moins le solum-type (ou profil représentatif) de l'unité de sol. Les fosses sont soigneusement repérées dans l'espace par enregistrement de leurs coordonnées GPS. Elles sont décrites selon des fiches codifiées en conformité avec le format national en vigueur pour la description des sols. Ces fiches sont disponibles sur <https://dw3.gissol.fr/login>.

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

Les propriétés primaires du sol correspondent aux propriétés usuellement observées sur fosses pédologiques ou analysées en laboratoire. Elles constituent une caractérisation minimale qui doit être complétée par des mesures de propriétés fonctionnelles plus spécifiques à l'application envisagée (voir 6.4.). Cette caractérisation comprendra les déterminations suivantes:

Sur le plan morphologique :

- épaisseur, type (Référentiel Pédologique Français, 2008) et succession des horizons,
- nature du matériau parental
- couleur, texture, pierrosité, structure, porosité (importance et nature), compacité de chaque horizon
- profondeur exploitable par les racines
- profondeurs d'apparition d'horizons réductiques ou rédoxiques et de ruptures de perméabilité
- Effervescence à l'HCL

Sur le plan analytique :

- granulométrie 5 fractions sans décarbonatation et indication du refus des particules > 2
- pH eau
- Teneur en calcaire total

Par soucis de limitation du coût total de l'étude, cette caractérisation, notamment analytique, est réduite au minimum à réaliser pour répondre aux besoins d'acquisition de références d'une étude d'AAC. Cependant, il serait utile d'enrichir cette caractérisation avec les éléments suivants :

- complexe adsorbant (capacité d'échange cationique (CEC), cations échangeables : Ca, Mg, K, Na) dans l'horizon de surface
- matière organique (Carbone total, azote total) dans l'horizon de surface et éventuellement dans d'autres horizons apparemment humifères
- P₂O₅ assimilable.

Ces analyses complémentaires pourraient en particulier se justifier sur les horizons de surface, afin de gratifier le propriétaire de la parcelle où la fosse pédologique est creusée d'une analyse complète de terre. Dans des situations particulières, notamment des milieux pédologiques acides, certaines analyses (CEC) seraient également importantes à réaliser pour construire les plans de chaulage.

Les analyses de terre seront réalisées sur des échantillons prélevés dans les fosses pédologiques observées. Elles devront être réalisées par un laboratoire agréé par le Ministère en charge de l'agriculture

(liste disponible sur le lien <http://www.gemas.asso.fr/?accueil=liste>). Dans le cas où des analyses de sol sont recueillies auprès des agriculteurs lors de la phase d'enquête (voir 5.), le chargé d'étude procédera à l'appariement de ces analyses avec les unités typologiques de sol répertoriées dans le zonage pédologique de façon à enrichir la description de ces unités.

6.4. Caractérisations des propriétés fonctionnelles des unités typologiques de sol

Au-delà de la caractérisation minimale des unités typologiques de sol détaillées ci-dessus, les références collectées doivent comporter les propriétés fonctionnelles suivantes

- Ensemble du sol (incluant le saprolithe): réserve utile en eau, perméabilité du sol.
- Horizons de surface : infiltrabilité, stabilité structurale, sensibilité au tassement

Ces propriétés fonctionnelles peuvent être soit mesurées directement dans les fosses pédologiques ou estimées à partir de fonctions de pédotransfert, 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 des laboratoires d'analyses ou qui peuvent renchérir considérablement les coûts d'étude. Il est donc nécessaire de rechercher, pour chaque cas, le meilleur compromis possible alliant mesures directes pour certaines propriétés et recours aux fonctions ou règles de pédotransfert⁴ pour d'autres. Ceci est laissé à l'appréciation de l'assistant du maître d'ouvrage après prises en compte du milieu pédologique et des conditions particulières de l'étude.

Les protocoles de mesures et les fonctions de pédotransfert entre ces deux modes d'acquisition des propriétés fonctionnelles sont détaillés en annexe de ce document.

7. Transfert des résultats sur les unités de gestion agricoles de l'AAC

7.1. Principes généraux

L'objectif final de l'étude pédologique d'AAC est de mettre l'animateur de l'AAC et tout autre intervenant sur l'AAC non pédologue en capacité de déterminer sur chaque unité de gestion agricole de l'AAC le type de sol et la valeur des propriétés de sol lui permettant de formuler un diagnostic, un conseil, une décision d'action adaptée aux caractéristiques pédologiques de l'unité de gestion agricole. Si le zonage pédologique effectué dans le cadre de l'étude (4.) permet de délimiter de façon suffisamment détaillée et exhaustive les types de sol de l'AAC, ce zonage pédologique peut remplir cette fonction. Cette condition n'est cependant pas remplie lorsque le zonage pédologique détaillé (cf 4.2. et 4.3.) ne concerne qu'un secteur de référence représentatif d'une l'AAC trop étendue pour pouvoir être étudiée de façon exhaustive. Des difficultés peuvent également être rencontrées localement lorsque les unités cartographiques de sol du zonage pédologique détaillé incluent des types de sols différents qui n'ont pas pu être délimités compte tenu de la densité des prospections.

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 sol présents sur l'unité

⁴ Les fonctions de pédotransfert (FPT) ou règles de pédotransfert (RPT) permettent d'estimer une propriété de sol dont la mesure ou l'observation est rare et chère (ex : humidité à la capacité au champ) à partir d'autres propriétés de sol plus facilement observables ou mesurables (taux d'argile). FPT et RPT diffèrent par leur formalisme, fonction statistique pour la première, expression logique impliquant des propriétés qualitative de sol pour la seconde.

de gestion agricole. Le type de sol étant reconnu, les références qui lui sont associées peuvent être mobilisées. Dans une perspective de co-construction des plans d'actions, il est important que cette clé de détermination devienne un outil partagé par l'ensemble des intervenants de l'AAC.

7.2. Elaboration d'une typologie simplifiée

Il sera recherché la typologie de sols la plus simple à manipuler par tout intervenant local n'ayant pas de formation pédologique. Pour cela, la typologie issue du zonage pédologique détaillé pourra être éventuellement simplifiée par des regroupements d'unités typologiques de sol ayant des morphologies et propriétés fonctionnelles proches. Par ailleurs, la désignation des nouvelles unités typologiques de sol ainsi créées se fera en empruntant un vocabulaire familier aux intervenants locaux tout en restant suffisamment précis pour éviter les ambiguïtés entre ces unités.

7.3. Elaboration des clés de détermination des unités typologiques de sol

La clé de détermination utilisera comme premier critère les zonages pédologiques disponibles (zonages pédologiques détaillés décrits en 4.2 et 4.3. ou zonage pédologique de l'AAC obtenue par extrapolation du secteur de référence décrit en 4.4.). Ces zonages permettront de réduire l'éventail des unités typologiques de sol possiblement présentes en un lieu donné, simplifiant ainsi leur identification. Ensuite, les critères les plus facilement observables, et soulevant le moins d'ambiguïtés, seront sélectionnés pour discriminer les unités typologiques de sol restantes. Ces critères pourront être basés sur des observations de la topographie, de la surface du sol (pierrosité, couleur, texture), voire de sondages à la tarière (par exemple, à l'occasion des mesures de reliquat d'azotes). Le cas échéant, des observations d'agriculteurs sur leurs parcelles recueillies au cours de l'enquête sur la perception des sols par les agriculteurs (voir 5) pourront également être mobilisées, la correspondance entre les dires d'agriculteurs et les UTS ayant été établie au cours de cette enquête.

La clé de détermination sera établie par le chargé d'étude pédologique avec la participation effective de l'animateur de l'AAC, ou de tout autre acteur local représentatif des futurs utilisateurs. L'élaboration de la clé de détermination est un processus itératif qui nécessitera des ajustements et des validations pour bien vérifier qu'elle est utilisable sur l'ensemble de l'AAC. A la demande du maître d'ouvrage, le chargé d'étude sera amené à organiser des sessions de formation afin de favoriser l'appropriation des clés de détermination par les intervenants locaux.

8. Présentation et diffusion des résultats

8.1. Principes généraux

Les résultats de l'AAC ont vocation à être utilisés par plusieurs utilisateurs potentiels aux objectifs et perceptions très différents :

- Les chargés d'études non pédologues travaillant sur les diagnostics de vulnérabilité intrinsèque, les diagnostics territoriaux des pressions agricoles et la construction du plan d'actions.
- Les acteurs locaux (animateur d'AAC, agriculteurs) impliqués dans la mise en œuvre du plan d'actions
- Des acteurs non directement intéressés par les résultats de l'AAC mais qui seront ultérieurement amenés à réutiliser les données produites pour d'autres objectifs intéressant le même périmètre d'étude ou un périmètre plus large.

Cette pluralité de récipiendaires de l'étude pédologique de l'AAC conduit à proposer des modes de diffusion variés des résultats de l'étude, ceci étant rendu possible par le recours à la numérisation

préalable dans des bases de données pédologiques rassemblant toutes les informations utiles et permettant des sorties variées qui sont détaillées ci-après.

8.2. Numérisation des résultats de l'étude

La saisie informatique de l'étude pédologique d'AAC permet de stocker de façon sécurisée l'ensemble des données produites au cours de l'étude. Cela permet aussi d'élaborer les autres supports de communication ou livrables à l'intention des acteurs de l'AAC. Par ailleurs, il est intéressant de capitaliser ces données dans des bases de données régionales ou nationales, de façon à ce qu'elles puissent être réutilisées ultérieurement à l'occasion de nouvelles études. Pour cela, une saisie s'effectue sous Donesol-Web (voir les sessions de formation à la saisie en ligne sur le site internet du Gissol). Selon les scénarios d'étude (voir 3.4.) une ou deux études avec des numéros distincts sont saisies dans DONESOL Web.

La première, commune à tous les scénarios, est celle concernant le zonage pédologique détaillé. Pour cela, le chargé d'étude contactera Infosol (infosol@inra.fr) pour ouvrir un compte en vue de numériser l'étude. Les éléments à saisir sont les suivants :

- Les caractéristiques générales de l'étude (Ex : nombre d'unités cartographiques, de profils, auteur, etc.) : table ETUDE de la base de données DONESOL,
- La description des différentes unités de sol (UCS et UTS) du zonage. Dans la plupart des cas une UTS est rattachée à une UCS mais, exceptionnellement, pour certaines UCS à grande variabilité pédologique, plusieurs UTS peuvent être utilisées. On s'attachera en particulier à renseigner clairement le nom complet des UTS dans le champ correspondant de la table attributaire 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 terre). Les caractéristiques des fosses et les analyses de terre seront saisies (tables PROFIL, HORIZON, ANALYSE) et les fosses repérées sur une couche géographique de points.

Par ailleurs, les contours des unités cartographiques de sol (UCS) seront numérisés et transmis à Infosol. Des scans de fiches de sondages lisibles avec leur localisation seront également transmis à Infosol pour numérisation.

Dans le cas où le périmètre de l'AAC excède le périmètre du zonage pédologique et a fait l'objet d'un échantillonnage par secteur(s) de référence(s) (scénarios 2, 4, 6), une deuxième étude correspondant au zonage pédologique de l'aire d'extrapolation du secteur de référence (5.5.) sera saisie dans DONESOLWeb. Les éléments à saisir seront semblables à ceux décrits précédemment, à l'exception des fosses pédologiques, qui pourront automatiquement être réaffectées de l'étude des secteurs de référence à l'étude de l'AAC. 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 (7.2.). Le zonage pédologique de l'aire d'extrapolation du secteur de référence 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, qui ne peuvent pas être saisis sous DONESOL (photos, clé de détermination, blocs diagrammes et coupes explicatives de distribution spatiale des sols,...), seront numérisés séparément et stockés sous un format approprié pour leur utilisation ultérieure.

8.3. Rapport principal

La fonction de ce rapport est de présenter de façon la plus concise et la plus pédagogique possible l'essentiel des résultats de l'étude pour qu'il soit lisible par le plus grand nombre. Son élaboration

s'appuiera largement sur les données saisies au cours du travail de numérisation de l'étude (voir 8.2.) et présentera *a minima* les parties suivantes :

- **Première partie** : une description succincte de l'AAC de la petite région naturelle pédologique, des conditions de l'étude, des intervenants, de la méthodologie employée (ex : nombre de sondages/ha, analyses de laboratoire réalisées, méthodes de cartographie employées, méthode d'enquête auprès des agriculteurs et localisation des enquêtes et territoires caractérisés, etc...),
- **Deuxième partie** : Une présentation sous forme de fiches de sol des différentes unités typologiques de sol avant simplification de la typologie (7.2.). Cette fiche de sol comprendra des photos (paysage et/ou profils), une description morphologique d'un profil-type de l'unité ainsi qu'un tableau d'analyse des propriétés utiles (cf 6.3., 6.4.). Une carte des UCS de l'AAC (scénarios 1, 3, 5) ou des UCS de son secteur de référence (scénarios 2, 4, 6) sera également fournie au format idoine.
- **Troisième partie** : une base données géographiques (« projet » SIG) contenant les couches géographiques de propriétés fonctionnelles de sol utiles aux différents chargés d'études de l'AAC. Ces couches géographiques seront dérivées des zonages pédologiques réalisés comme suit : Dans le cas où l'UCS est décrite par une seule UTS (cas général pour le zonage d'une petite AAC ou d'un secteur de référence d'AAC), la valeur de l'UTS sera affectée à l'UCS. Dans le cas où l'UCS est décrite par plusieurs UTS (cas de la zone d'extrapolation du secteur de référence), la valeur sera une moyenne des valeurs de propriétés pour chaque UTS, éventuellement pondérée par l'importance respective de chaque UTS. Pour les grandes AAC (scénarios 2, 4, 6) où zones effectivement cartographiées côtoient des zones extrapolées, il sera fourni en complément une carte des UCS indiquant les différences de degré d'incertitude correspondant.
- **Quatrième partie** : Un guide de reconnaissance des sols pour les besoins des acteurs locaux impliqués dans la construction et l'application du plan d'actions. Ce guide comprendra la correspondance typologie initiale-typologie simplifiée, la clé de détermination avec son mode d'emploi, ainsi que le zonage pédologique de l'aire d'extension du secteur de référence (scénarios 2, 4, 6 uniquement).

8.4. Tournée de terrain

A côté des documents et fichiers informatiques évoqués précédemment, il est important que le chargé d'étude pédologique communique de façon directe ses connaissances aux acteurs locaux. Ceci pourra se faire lors d'une tournée de terrain, à partir de fosses pédologiques qui serviront de support pédagogique pour :

- Présenter la méthode de description et les principales caractéristiques morpho-analytiques des différents sols,
- Proposer une interprétation de ces caractéristiques en termes de fonctionnement du sol pertinent vis-à-vis des diagnostics de vulnérabilité et de pressions agricoles,
- Instaurer un débat autour des actions correctives spécifiques à mettre en place dans le cadre du plan d'actions,
- Recueillir les témoignages des agriculteurs confrontés à des sols similaires.