

Connaissance des sols sur les aires d'alimentation de captages

Bardy M.¹, Lagacherie P.², Laroche B.¹, Duigou N.³, Girot G.^{1,4}, Le Gouée P.⁵, Reau R.⁶,
Rigou L.⁷, Roux J.⁸

¹ INRA, US 1106 INFOSOL, F- 45075 Orléans.

² INRA - IRD - Montpellier SupAgro, UMR 1221 LISAH Laboratoire d'étude des Interactions Sol - Agrosystème - Hydrosystème. Centre de recherche de Montpellier, Montpellier, France.

³ Chambre départementale d'agriculture du Cher. Saint-Doulchard, France.

⁴ INRA, UR0272 Science du Sol, F- 45075 Orléans.

⁵ Laboratoire LETG-Caen-Geophen. UMR 6554 CNRS & Vigisol, France.

⁶ INRA - AgroParisTech, UMR 0211 UMR Agronomie Agronomie. Centre de recherche Versailles-Grignon, Thiverval-Grignon, France.

⁷ Atelier Sols Urbanisme et Paysages. Angos, France.

⁸ Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation - Bureau eau, sols et économie circulaire - MAA/DGPE/SDPE. Paris, France.

Correspondance : philippe.lagacherie@inra.fr

Résumé

Les sols ont un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes. En position d'interface avec l'hydrosphère, ils sont notamment une composante majeure du cycle de l'eau, tant au niveau quantitatif que qualitatif. La prise en compte des propriétés des sols paraît donc indispensable dans le cadre de l'élaboration des diagnostics de vulnérabilité des masses d'eau et des plans d'actions sur les aires d'alimentation de captages (AAC) dont l'objectif est de préserver ou restaurer une eau de qualité destinée aux populations. Aujourd'hui, cette prise en compte n'est cependant que très partielle, notamment du fait du manque de données pédologiques disponibles à des échelles adéquates sur l'ensemble des aires d'alimentation de captages, et de la faible intégration des données sur les sols dans les méthodologies actuellement préconisées sur les aires d'alimentation de captages. Sur la base de retours d'expériences, cet article présente les premières pistes de réflexion d'un groupe d'experts réunis pour la construction d'un cahier des charges pour l'acquisition de données sol sur les aires d'alimentation de captages et leur prise en compte dans les démarches d'évaluation du risque de contamination de la ressource en eau et de mise en œuvre d'actions pour parvenir à une eau de qualité satisfaisante.

Mots-clés : Secteurs de référence, Groupement d'Intérêt Scientifique sol, Cahier des charges, Emissions de polluants, Champs cultivés.

Abstract: Soil knowledge in catchment areas

Soils have a fundamental role in ecosystem functioning. At the interface with hydrosphere, they are a major component of the water cycle, both quantitatively and qualitatively. Taking soil properties into account is thus essential to assess the vulnerability of water bodies and elaborate action plans on catchments in order to preserve or restore a good quality for drinking water. Nowadays, soil data are only partially considered, partly because of the lack of soil data available at relevant scales for every

catchment as well as the low integration of soil data in methods recommended for catchment assessments. Based on operational feedbacks, this paper presents the first reflexions of an expert group gathered to elaborate specifications to collect soil data on catchment areas and use them to assess the risk of contamination of water bodies and set up actions to secure a good quality water.

Keywords: Reference area, Soil Scientific Interest Groupement, Specifications, Pollutant emissions, Cultivated fields.

Introduction

La protection des aires d'alimentation des captages (AAC) contre les pollutions diffuses a été engagée à partir des années 2000 et concerne aujourd'hui 1000 captages prioritaires en France. La démarche de protection repose sur la réalisation d'un diagnostic territorial suivi de l'élaboration et la mise en œuvre d'un plan d'action concerté entre acteurs du territoire.

Il est très important de considérer les sols et leurs caractéristiques pour traiter les problématiques liées à la qualité des masses d'eau et aux AAC. En effet, les sols sont en position d'interfaces entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et la biosphère. Leurs nombreuses fonctions, mises en avant dès 2002 par la Commission européenne [COM(2002) 179 final], leur confèrent un rôle fondamental dans le fonctionnement des écosystèmes. Plusieurs de ces fonctions influencent fortement le cycle de l'eau, tant du point de vue quantitatif que qualitatif. C'est en effet au niveau du sol que sont régulés l'infiltration, le ruissellement, ainsi que la rétention et la transformation de polluants, qui influencent directement les quantités d'eau qui alimentent les eaux souterraines et superficielles ainsi que leur qualité chimique et biologique. Enfin le choix des pratiques culturales dépend souvent des caractéristiques du sol.

Au niveau du sol, ce sont notamment des propriétés physiques qui influencent les dynamiques de l'eau et les transferts de polluants : masse volumique, conductivité hydraulique, réserve utile (Bruand et Coquet, 2005), elles-mêmes dépendantes de paramètres pédologiques comme la texture, la structure, le degré d'engorgement ou la profondeur. Les variations de ces paramètres peuvent être significatives entre les AAC, voire au sein d'une même AAC. Il paraît donc important d'accorder une attention particulière à la collecte de données sol adaptées pour étayer les diagnostics effectués sur les AAC et pour alimenter les réflexions relatives à l'élaboration des plans d'action.

Au niveau national, les données pédologiques sont collectées de manière harmonisée dans le cadre des programmes du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol), créé en 2001 pour doter la France d'un système d'information national sur les sols (SI Sol). Les données sont collectées selon deux stratégies complémentaires :

- L'inventaire des sols, visant à décrire et localiser les principaux types de sol, ainsi que leur organisation dans le paysage ;
- La surveillance des sols, dont l'objectif est de détecter des évolutions de différents paramètres.

Les données collectées dans le cadre des programmes nationaux peuvent être enrichies localement, afin de renforcer leur pertinence pour traiter telle ou telle thématique. Les observations complémentaires réalisées peuvent être capitalisées au sein du SI Sol, au format national DoneSol, de manière à faciliter leur exploitation et leur réutilisation ultérieure.

Force est de constater qu'à l'heure actuelle, les données pédologiques sont peu mobilisées dans le cadre de l'élaboration des diagnostics et des plans d'actions sur les aires d'alimentation de captages (AAC). Suite à un état des lieux des données sol mobilisables au niveau national, de retours d'expériences de mobilisation de données sol au niveau d'AAC et de travaux pré-existants concernant

la « méthode des secteurs de référence » (Favrot et al., 1981), cet article a pour objectif de présenter les résultats de réflexions préliminaires à l'élaboration d'un cahier des charges de référence pour l'acquisition de données sol sur les AAC et leur prise en compte dans les démarches de diagnostics, d'élaboration et de mise en œuvre de plans d'actions.

1. Disponibilité de données sol au niveau national

1.1 Organisation nationale de la collecte de données sur les sols

Au niveau national, plusieurs initiatives ont été lancées dès les années 1960 pour améliorer la connaissance des sols français. Néanmoins, le rapport Bornand (1997) a fait le constat que ces initiatives souffraient d'un manque de coordination, tant dans l'acquisition que dans la sauvegarde des données. Les données acquises étaient peu disponibles et donc peu exploitables au regard de leur potentiel. Des revues des principales stratégies d'acquisition de données sur les sols en Europe (Armstrong-Brown et al., 1998 ; Arrouays et al., 1998) ont montré que la France accusait à la fin des années 1990 un déficit important vis-à-vis de la connaissance de ses sols et de la surveillance de l'évolution de leur qualité en comparaison de ses voisins européens.

Le Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) a été créé en 2001 pour pallier ce déficit et disposer au niveau national d'informations sur la caractérisation des sols et l'évolution de leur qualité. Il regroupe à l'heure actuelle les ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), l'Institut de recherche pour le développement (IRD) et l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN). Il s'est donné pour objectif de constituer et gérer un système d'information sur les sols de France répondant aux besoins régionaux et nationaux, dans le contexte européen et mondial. Ses travaux ont d'ores et déjà permis, en 2011, la production du premier Rapport sur l'état des sols de France (Gis Sol, 2011).

Ce sont à la fois des données d'inventaire et de surveillance des sols qui sont collectées au travers de programmes dédiés du Gis Sol. Ces programmes sont coordonnés par l'unité Inra InfoSol, et mis en œuvre par des réseaux de partenaires issus de structures telles que des chambres d'agriculture, des établissements d'enseignement supérieur, des associations ou des structures privées.

1.2 Données mobilisables par les acteurs des AAC

1.2.1 Données d'inventaire de sols

Parmi les données collectées dans le cadre des programmes du Gis Sol, ce sont les cartographies issues des programmes d'inventaires de sol qui répondent le mieux aux besoins des acteurs des AAC. Celles-ci sont collectées au niveau national au sein du programme « Inventaire Gestion et Conservation des sols (IGCS) ». L'ensemble des données acquises dans ce programme est capitalisé dans une base de données nationale unique appelée DoneSol (Grolleau et al., 2004). La cohérence scientifique du programme est assurée par le Conseil Scientifique national IGCS et la norme NF X31-560 (AFNOR, 2007) assure le cadrage et la normalisation de l'acquisition des données pédologiques. Le programme IGCS comporte actuellement 3 volets définis selon l'échelle de représentation :

- Le volet Référentiel Régional Pédologique (RRP) qui vise à produire une information sur la connaissance des sols restituée à une échelle 1/250 000 (Laroche et al., 2014). La collecte des données y est régie par le Cahier des Clauses Techniques Générales ou CCTG (InfoSol, 2005) qui définit les règles de constitution d'un RRP.
- Le volet Connaissance Pédologique de la France (CPF) dont l'objectif est d'améliorer la connaissance de la diversité des sols et de leurs lois de répartition sur la base de leurs facteurs

de formation (Richer de Forges *et al.*, 2014) est l'héritier des premières cartographies des sols en France. Actuellement, environ 18 % a été couvert par une cartographie des sols au 1/50 000, soit plus de 9 millions d'hectares et environ 24 % du territoire, soit environ 13 millions d'hectares, au 1/100 000.

- Le volet Secteur de Référence (SR) visant à réaliser des études pédologiques à grande échelle (de l'ordre de 1/10 000) permettant de traiter des questions agricoles ou environnementales à l'échelle locale, avec la possibilité de les extrapoler sur une petite région naturelle (Favrot, 1981).

La base de données DoneSol capitalise l'ensemble des données acquises (ponctuelles ou surfaciques) dans le cadre du programme IGCS. Elle a été conçue en s'appuyant sur un Système de Gestion de Base de Données Relationnelle et un Système d'Information Géographique afin de gérer et de stocker toutes les informations liées aux cartes avec un modèle commun. DoneSol est la base de données de référence, au niveau national, pour la capitalisation des données sur les sols. Pour accompagner DoneSol, de nombreux outils d'aide à la saisie, de vérification, de consultation, de formation ou d'échanges de données ont été développés par l'unité InfoSol et ses partenaires régionaux, notamment en lien avec le Réseau Mixte Technologique (RMT) Sols et Territoires (Guellier *et al.*, 2014).

Localement, des structures comme les chambres d'agriculture ou des bureaux d'étude acquièrent des données pédologiques complémentaires, le plus souvent dans le cadre d'études thématiques. Ces structures sont incitées à les capitaliser au sein du SI Sol, au format national DoneSol, de manière à favoriser ensuite leur réutilisation. Il est possible de consulter la liste des études pédologiques existantes en France (numérisées ou non, au format DoneSol ou non), ainsi que leurs emprises et leurs métadonnées, avec l'outil Refersols (<http://www.gissol.fr/outils/refersols-340>) développé par le Gis Sol pour faciliter la réutilisation des données pédologiques existantes et ainsi limiter les coûts d'acquisition complémentaires.

Les données d'inventaire de sol servent de support à la production de cartographies thématiques. Celles-ci sont réalisées en mettant en œuvre des traitements de complexités variables, allant des plus simples (extraction et représentation cartographique d'un paramètre de la base de données) aux plus complexes (combinaison de données, modélisation), décrites dans un guide publié par le RMT Sols et Territoires (Lemerrier *et al.*, 2017). La Figure 1 illustre la mobilisation du RRP de Côte d'Or pour cartographier le pH de surface des sols de ce département. L'outil Applicasol (<https://www.gissol.fr/outils/applicasol-342>) développé dans le cadre du RMT Sols et Territoires, recense les applications thématiques réalisées à partir de donnée sol, avec des possibilités de recherches thématiques ou géographiques.

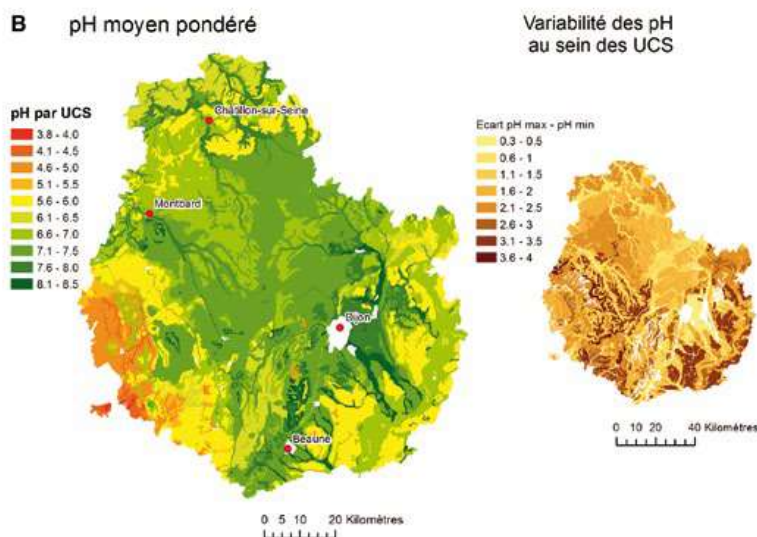


Figure 1 : Cartographie du pH moyen des sols de Côte d'Or (d'après Lemerrier *et al.*, 2017). UCS signifie « unité cartographique de sol ».

1.2.2 Données estimées à partir des données d'inventaire

Certains paramètres ne sont pas accessibles directement au sein des bases de données. Ils doivent être estimés *via* des règles ou des fonctions de pédotransfert, qui sont des méthodes, s'appuyant le plus souvent sur des relations statistiques, permettant d'estimer des variables difficiles à mesurer directement, et donc peu renseignées dans les bases de données, à partir de variables couramment observées ou mesurées et donc généralement disponibles dans les bases de données (Baize, 2004).

A titre d'exemple, la réserve utile, qui représente la quantité d'eau maximale que le sol peut stocker et restituer aux plantes pour leur alimentation hydrique, peut être estimée à partir de plusieurs fonctions de pédotransfert (ex. Wösten et al., 2001 ; Bruand et al., 2002 ; Tóth et al., 2015), en fonction des données disponibles et du contexte. La réserve utile dépend principalement de la texture de la terre fine, de la teneur en éléments grossiers et de la profondeur du sol (Figure 2).

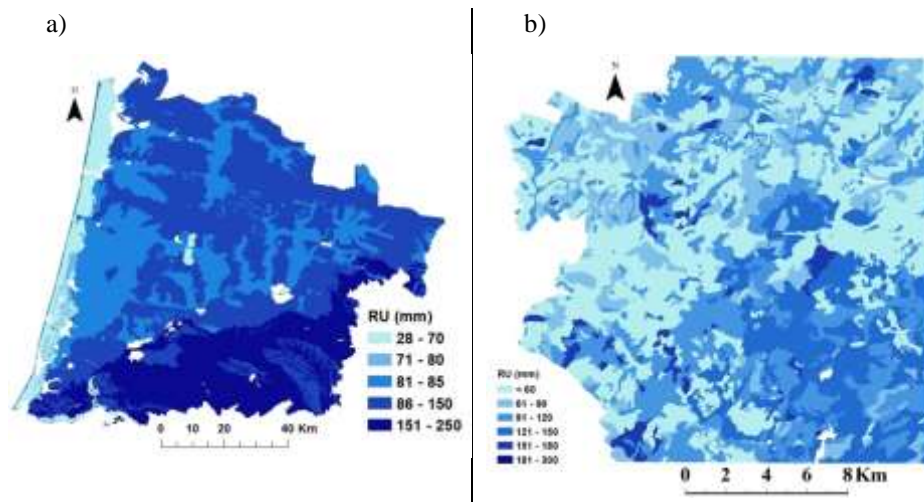


Figure 2 : Carte de réserve utile a) à partir du 1/250 000 du département des Landes (Richer de Forges, 2013) à partir du 1/50 000 de Patay (Loiret, Richer de Forges, 2003) d'après Tétégan et al., 2015

2. Retours d'expériences sur l'utilisation de données sol dans l'élaboration de diagnostics et de plans d'actions sur des AAC

La définition et la mise en œuvre de plans d'actions sur les AAC constituent des démarches multi-acteurs dont le déroulement est généralement le suivant :

1. Diagnostic hydrogéologique de délimitation de l'AAC, qui définit l'étendue géographique sur laquelle toute eau qui s'infiltré ou ruisselle alimente le captage ;
2. Diagnostic et zonage de la vulnérabilité intrinsèque de l'AAC (liée aux caractéristiques du milieu) ;
3. Diagnostic territorial des pressions, dont notamment des pressions agricoles (DTPA), qui permet de caractériser les sources de contaminations ainsi que les émissions agricoles ;
4. Croisement du diagnostic de vulnérabilité avec le diagnostic des pressions pour identifier la (ou les) zone(s) pertinente(s) sur laquelle (lesquelles) agir (zone de protection de l'AAC ou ZPAAC), cette zone pouvant correspondre à l'ensemble de l'AAC ;
5. Construction d'un plan d'actions adapté au contexte ;
6. Signature d'un contrat territorial avec l'Agence de Bassin sur la base du plan d'actions qui contractualise la démarche entre les partenaires (ex. maître d'ouvrage, financeurs, services de

l'État impliqués, représentants des activités concernées (agriculture, industrie, transports...), associations de protection de l'environnement et de consommateur) ;

7. Mise en œuvre des actions par un animateur recruté par un syndicat de Bassin ou une chambre d'agriculture, plus rarement une coopérative ou un bureau d'études ;
8. Suivi, évaluation et révision du plan d'actions.

Les étapes 1 et 2 sont classiquement réalisées conjointement par un chargé d'étude souvent spécialisé en hydrogéologie ; l'étape 3, par un chargé d'étude plus spécialisé en agronomie ou en agriculture. Pour ces diagnostics, les acteurs locaux et leur prestataire peuvent s'appuyer sur des guides méthodologiques nationaux, qui ont été progressivement enrichis. Il s'agit notamment des guides suivants :

Étapes 1 et 2 : guide méthodologique du BRGM de 2007 (Vernoux et al., 2007), mis à jour en 2014, pour les eaux souterraines (Vernoux et al., 2014) ; guide méthodologique IRSTEA de 2016 sur le diagnostic de la vulnérabilité en cas de transferts mixtes (Catalogne et al., 2016)

Étape 3 : guide de diagnostic territorial des pressions agricoles (Jean-Baptiste et al, 2016)

Le recours à ces guides est facultatif ; des méthodologies alternatives peuvent être mobilisées dans les territoires.

Ces étapes peuvent mobiliser des données pédologiques. Afin de connaître les pratiques courantes de mobilisation de ce type de données, nous avons sollicité des retours d'expérience auprès de quelques partenaires régionaux des programmes du Gis Sol intervenant dans différents contextes pédoclimatiques et différents types de structures. Trois retours d'expériences sont présentés ci-dessous. Chacun d'entre eux illustre plus particulièrement, une des étapes évoquées précédemment.

2.1 Exemples de mobilisation de données sol sur des AAC

Les trois retours d'expérience présentés concernent des captages prioritaires. Ces captages sont confrontés à des problématiques de contamination en nitrate et/ou en phytosanitaires. La mise en place des plans d'actions se déroule conformément aux étapes décrites ci-dessus.

2.1.1 Diagnostic de vulnérabilité intrinsèque de l'AAC de Cantepie (Calvados)

Le captage se situe sur la commune de Beaumais, au lieu-dit Cantepie, dans une zone rurale à environ 9 km à l'Est de Falaise, dans le sud Calvados. La surface concernée par l'AAC est de 2820 ha. Sur cette zone, une cartographie des sols est disponible au 1/250 000 (RRP du Calvados), enrichie d'observations ponctuelles à la tarière. Sur cette AAC, un plan d'actions sera établi à l'issue de la démarche en cours sur l'AAC.

Le diagnostic de vulnérabilité intrinsèque a été réalisé à partir du modèle PRADO qui est une méthode de Pré-diagnostic du Risque d'Altération des Eaux (Lemoine, 2016). Il prend en compte 4 types de risques de transferts par ruissellement ou par infiltration présentés dans le Tableau 1. Une fois ces risques identifiés et évalués, il est possible de les associer pour entrevoir les interactions entre eux et ainsi pouvoir définir plus finement les risques de transferts de polluants vers la masse d'eau. Cette approche est appliquée au niveau vertical mais également horizontal d'amont en aval. Ceci permet de faire ressortir des combinaisons spatiales de types de transfert aggravant le risque de transfert des polluants d'origine agricole vers les masses d'eau.

Tableau 1 : Facteurs associés aux différents types de transferts pris en compte par le modèle PRADO

Type de risque de transfert	Facteurs pédologiques	Autres facteurs
Ruissellement diffus	stabilité structurale mesurée, hydromorphie, épaisseur, texture, éléments grossiers, réserve utile/surplus hydrologiques	penne, morphologie convexe, pluies moyennes mensuelles et ETP/surplus hydrologiques, position topographique, substrat imperméable
Ruissellement concentré		penne, morphologie concave, pluies moyennes mensuelles et ETP/surplus hydrologiques, position topographique, circuit préférentiel d'écoulement, substrat imperméable
Infiltration	épaisseur, texture, éléments grossiers, réserve utile/surplus hydrologiques, texture de surface/perméabilité	penne, morphologie concave, pluies moyennes mensuelles et ETP/surplus hydrologiques, position topographique, remontée de nappe, substrat perméable
Ruissellement sub-superficiel	épaisseur, texture, éléments grossiers, réserve utile/surplus hydrologiques, hydromorphie,	penne, morphologie concave, pluies moyennes mensuelles et ETP/surplus hydrologiques, position topographique, substrat imperméable

Les caractéristiques pédologiques relatives à l'épaisseur, la texture, la charge en éléments grossiers et l'hydromorphie ont été obtenues en mobilisant les informations de terrain issues des sondages tarière du programme RRP Basse-Normandie et près de 300 sondages complémentaires. La stabilité structurale a été déterminée en laboratoire pour les horizons de surface de tous les types de sol selon la norme AFNOR NF X 31-515. La réserve utile est le résultat d'un croisement entre RU texturales (Jamagne et al., 1977), épaisseur et % en éléments grossiers des différents horizons de sol. Les réserves utiles sont alors intégrées au bilan hydrique pour calculer les surplus hydrologiques.

A titre d'exemple de document produit, la Figure 3 présente les sorties du modèle PRADO en ce qui concerne les risques de transfert d'eau par infiltration.

La figure 3 montre que le risque de transfert d'eau par infiltration est considéré comme assez fort à fort sur près de 25% de l'AAC. Ce risque est observé dans les secteurs topographiques déprimés et dans la partie amont du territoire (partie sud). L'une des spécificités du modèle PRADO tient à la combinaison spatiale des types de risques de transferts par superposition et juxtaposition des niveaux de risques les plus élevés. Cela permet de faire ressortir en un même secteur les pressions les plus fortes sur la ressource en eau où il est possible d'observer successivement ou simultanément dans le temps différents types de transferts de contaminants. Cette combinaison peut permettre également de cibler très localement les continuités spatiales amont/aval pour lesquelles, par exemple, un risque élevé de transfert par ruissellement diffus se prolonge par un risque élevé de transfert par ruissellement concentré, lui-même au contact plus en aval d'un risque fort de transfert par infiltration.

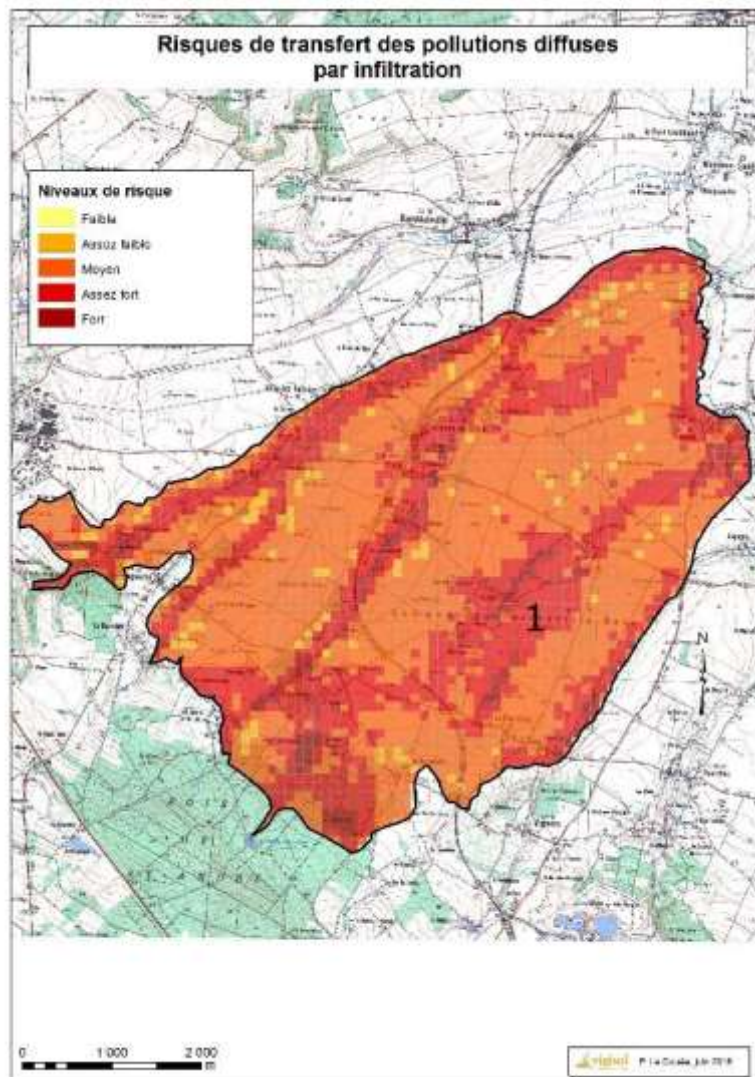


Figure 3 : Risques de transfert des pollutions diffuses par infiltration sur l'AAC de Cantepie, Calvados, estimés par le modèle PRADO

2.1.2 Etude de l'AAC de Soulangis (Cher)

L'AAC se situe sur les communes de Soulangis, Menetou-Salon et Parassy en contexte agricole varié : grandes cultures, polyculture élevage, viticulture et arboriculture. La zone d'étude occupe environ 2000 ha. Sur le secteur, des données pédologiques au 1/250 000 (RRP du Cher) et au 1/50 000 (Studer et al. 1982) sont disponibles, comme c'est le cas sur la totalité du territoire du Cher. Pour le diagnostic de vulnérabilité intrinsèque, c'est la méthode RISK du BRGM (Vernoux et al., 2007) qui a été mobilisée. Celle-ci prend en compte les paramètres décrits dans le Tableau 2.

Sur cette AAC, un diagnostic territorial accompagné d'un plan d'actions vis-à-vis des pratiques de fertilisation azotée et des pratiques phytosanitaires a été élaboré en 2013.

Tableau 2 : Paramètres pris en compte dans la méthode RISK : la roche (R), l'infiltration (I), le sol (S), la karstification (K).

Paramètres pédologiques	Autres paramètres
Type de formation (roche), texture, pourcentage d'éléments grossiers, épaisseur, présence ou non d'une couverture protectrice (horizon géologique) entre la roche et le sol	Infiltration, karstification, épikarst

Dans le cas de l'AAC de Soulangis, l'indice I d'infiltration utilisé est la sensibilité à l'infiltration calculée à partir de l'algorithme développé par la Chambre d'Agriculture de la Vienne. Cette méthode prend en compte : la texture du sol, la présence d'un plancher, l'épaisseur du sol, la réserve utile, la perméabilité et la vitesse de percolation du substrat.

Pour le paramètre S du sol, la nature du sol (texture et pourcentage d'éléments grossiers), l'épaisseur du sol, et la présence ou non d'une couverture protectrice (horizon géologique) entre la roche et le sol sont pris en compte. Les données utilisées sont celles de la carte des sols du Cher au 1/50 000. Pour le diagnostic territorial des pressions agricoles, une caractérisation des pratiques agricoles a été réalisée en parallèle. Elle permet de recenser et de prévoir tous les risques d'émissions de polluants de manière ponctuelle et diffuse, et ainsi d'identifier les marges de manœuvre pour limiter leur transfert vers le milieu aquatique superficiel et souterrain. La lixiviation des nitrates est estimée à partir des successions de cultures, aux pratiques de fertilisation et d'interculture, ainsi qu'au climat et au sol qui conditionnent la minéralisation de l'azote et la lame d'eau drainante. Le modèle MERLIN, élaboré par la Chambre Régionale Poitou-Charentes (Aimon-Marie et al., 2001 ; Laurent et Minette, 2005), qui permet un suivi de la pression azotée, a été utilisé. Celui-ci croise 2 indicateurs :

- PRACSYS (Rousseau, 2003), pour évaluer les risques liés aux pratiques à l'échelle de la parcelle ;
- SENSIB, qui indique la sensibilité du sol à l'infiltration.

Le diagnostic initial comprend aussi une analyse de la pression phytosanitaire par la méthode ARTHUR (Minette, 2006), également élaboré par la Chambre d'Agriculture Poitou-Charentes. Les notes de sensibilité des sols à l'infiltration et au ruissellement utilisées dans MERLIN et ARTHUR sont issues des algorithmes cités précédemment, et développés par la Chambre d'Agriculture de la Vienne. Compte tenu de la surface de l'AAC, de la taille des parcelles et de la résolution de la carte des sols disponibles, les données pédologiques sont suffisantes pour une analyse globale. Cette étape du DTPA permet de hiérarchiser les pressions d'origine agricole des principales situations existantes dans le territoire (Jean-Baptiste et al., 2016) et d'avoir également une connaissance des équipements et pratiques au siège d'exploitation. Les objectifs finaux sont :

- i) De délimiter la zone d'action pertinente ou zone d'action efficace,
- ii) De comprendre l'origine des pollutions afin de contribuer à trouver des solutions pour parvenir à produire de l'eau de qualité.

Suite à ce diagnostic et à l'élaboration du programme d'actions, une animation pluriannuelle a été mise en place. Les agriculteurs sont conseillés annuellement vis-à-vis de la fertilisation azotée. L'outil SCAN Azote (Chambre d'Agriculture de l'Indre, 1988), dérivant de PC_Azote, aide au calcul de la dose prévisionnelle azotée en utilisant un bilan qui permet de se passer du reliquat azoté, difficile à analyser lorsque les sols sont caillouteux. Il définit la dose à apporter et son fractionnement selon la culture considérée, le type de sol et le passé agronomique de la parcelle. Dans l'outil SCAN Azote, c'est la réserve utile des sols qui est mobilisée, estimée par le pédologue local à dire d'expert et à partir de la carte des sols au 1/50 000. Les paramètres pris en compte pour le calcul de la réserve utile des sols sont la texture des différents horizons, la charge en cailloux, la nature du substrat et sa profondeur d'apparition. A ce stade de mise en œuvre du plan d'actions, les données pédologiques disponibles sur le secteur sont également mobilisées pour définir des secteurs représentatifs pour des animations autour des AAC. Elles interviennent en outre dans le choix des parcelles dans lesquelles les fosses sont ouvertes (pour une animation sur la réserve utile ou le travail du sol) ou sur lesquelles sont effectuées des analyses biologiques. La qualité biologique des sols peut être dorénavant perçue par les conseillers et les agriculteurs grâce aux indicateurs développés dans le cadre du projet CASDAR Agrinnov. La biomasse microbienne et les taux de matières organiques libres et liées sont des indicateurs très intéressants. Ils permettent de conseiller aux agriculteurs les types d'apports

organiques à réaliser ou les cultures intermédiaires à mettre en place pour dynamiser ou entretenir l'activité microbienne. La présence sur le terrain, les discussions avec les agriculteurs, et l'expérience ont permis, après deux ans d'animation, d'établir une cartographie de plans d'actions. La Figure 4 synthétise, pour l'AAC de Soulangis, les sols présents et les différentes actions correctives préconisées selon leurs caractéristiques.

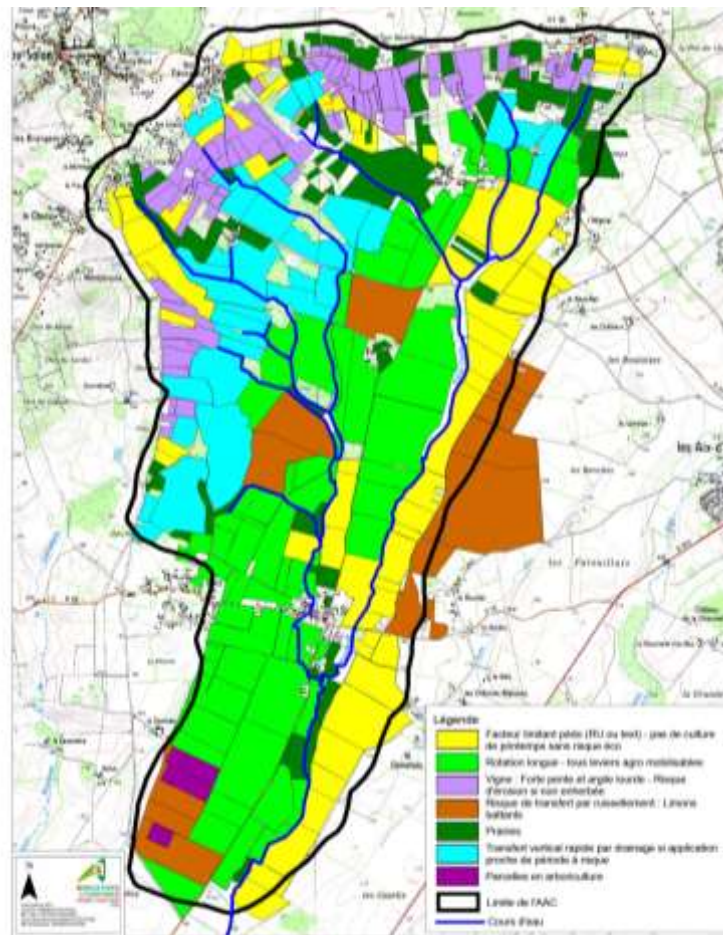


Figure 4 : Sols de l'AAC de Soulangis et actions correctives préconisées. Zone 1 en jaune : parcelles à faible ou moyenne Réserve Utile Sur ces parcelles, l'introduction de cultures de printemps est économiquement à risque. Les leviers agronomiques mobilisables sont notamment le déchaumage superficiel, le décalage des dates de semis, la fréquence de labour voire l'implantation d'orge de printemps. L'évaluation économique du coût de désherbage à moyen terme est indispensable dans cette approche. Zone 2 en vert : parcelles à moyenne voire réserve utile élevée, à rotation longue. La succession culturale de cette zone intègre des cultures de printemps, notamment du tournesol, du maïs en sec et des pois de printemps. L'autoévaluation de la stratégie de désherbage et du salissement des parcelles par les agriculteurs est variable. L'historique a un poids très important (propreté des parcelles à la reprise d'exploitation, année des premiers déchaumages, etc.). Un système d'exploitation de cette zone a servi de support lors d'une animation de reconception de système avec le groupe d'agriculteurs de l'AAC. Zone 3 en violet : vignes. Une proportion importante du vignoble de Menetou-Salon a été enherbée lors de la dernière décennie. Des démonstrations de désherbage mécanique et des échanges d'expériences sont organisés. Zone 4 en orange : parcelles à risque de battance. Ces parcelles en position de plateau ou d'interfluves ont une texture de surface limoneuse à limono-argileuse, avec une tendance plus ou moins prononcée à la battance. L'entretien calcique et organique de ces parcelles est important. Le ressuyage lent ne permet pas à toutes les cultures de se développer correctement. Les analyses biologiques sont utiles dans ce type de contexte, et seront réalisées en 2018. Zone 5 en bleu : parcelles drainées. L'application de produits phytosanitaires à l'automne en amont du début de la période présumée d'écoulement des drains, en prenant en compte la durée de demi-vie du produit, est primordiale. La connaissance de la réserve utile des sols et l'établissement d'un bilan hydrique est indispensable pour ce conseil.

2.1.3 Etude de l'AAC d'Oursebelille (Hautes-Pyrénées)

L'AAC d'Oursebelille est située dans la plaine de l'Adour, en périphérie nord de l'agglomération de Tarbes. Elle couvre 397ha, cultivés pour l'essentiel en maïs irrigué. Sur cette zone, une cartographie des sols est disponible au 1/250 000 (RRP Hautes-Pyrénées). Après l'élaboration d'un premier plan d'actions territorial (PAT) entre 2012 et 2014, le nouveau plan d'actions a été co-construit avec les agriculteurs puis mis en place en 2015, de plus il a intégré de nouvelles études afin d'approfondir la connaissance du territoire. Ce plan d'actions est placé sous la maîtrise d'ouvrage d'un syndicat, le SIAEP Tarbes Nord.

Aussi bien dans les phases de diagnostic que dans celle d'élaboration du plan d'actions, sont apparus des besoins de prise en compte du fonctionnement du sol en vue d'adapter les pratiques. En complément des données disponibles au 1/250 000, une cartographie des sols a été réalisée à l'échelle du 1/20 000, retenue pour des raisons à la fois budgétaires et de durée restreinte de l'étude. Point fondamental, la réalisation de cette carte a été précédée d'une phase d'enquêtes individuelles auprès de chaque exploitant, en dehors de toute présence administrative ou de celle des élus. Cette enquête, basée sur le mode de la discussion et non pas sur un questionnaire « fermé », a apporté un volant d'informations précieuses pour le pédologue : elle lui a permis de spatialiser le ressenti des agriculteurs en termes de fonctionnement des sols, de bâtir un champ lexical « vernaculaire », et a constitué un moment privilégié pour introduire des notions de cartographie que sont les échelles et la précision des limites. Cette phase a permis d'introduire toutes les notions de relativité des sols les uns par rapport aux autres et donc de pratiques agricoles potentiellement différenciées sur un même territoire. Le déroulement de la mission de cartographie pédologique a ensuite suivi un chemin plus classique. Avant de rendre le document et sa notice, des sessions de validation ont toutefois été réalisées en salle avec les agriculteurs : les limites ont été précisées, le contenu des unités de sol a été validé par confrontation avec l'expérience de terrain, les termes utilisés pour décrire les sols ont été validés en groupe.

Tout au long du processus d'élaboration du plan d'actions et dans le cadre de sa mise en œuvre, il est apparu que cette phase de co-construction qui tient compte de la connaissance des agriculteurs a permis d'affiner le rendu de la carte et a grandement facilité son appropriation ainsi que celle du plan d'actions. En particulier, une meilleure connaissance des sols a légitimé la mise en œuvre d'actions complémentaires dans le cadre du PAT : suivi des reliquats azotés pendant toute la durée d'un cycle de culture, mise en place de bougies poreuses sur des parcelles test, etc. La carte des sols a permis également de moduler et justifier la spatialisation des actions sur un territoire qui s'avère au final hétérogène d'un point de vue pédologique.

Par ailleurs, on a pu constater que la carte des sols, puisqu'elle était construite sur un socle commun et partagé, accédait à un statut de document accepté ; elle pouvait jouer un rôle de médiation entre les acteurs agricoles et les acteurs institutionnels. Ces derniers, techniquement mieux informés quant à l'hétérogénéité naturelle du territoire, peuvent ainsi comprendre et s'approprier des décisions provenant des acteurs agricoles eux-mêmes ou bien du maître d'ouvrage, dont le rôle dans le dispositif du PAT évolue. C'est ainsi que le SIAEP joue désormais pleinement son rôle d'acteur technique et non pas seulement politique ; c'est donc la gouvernance elle-même du PAT qui se modifie.

2.2 Limites actuelles à la prise en compte des données sol

Les exemples ci-dessus illustrent des potentiels de prise en compte des données sol aux différentes étapes de l'élaboration et de la mise en œuvre des plans d'actions sur les AAC. Il existe cependant à l'heure actuelle un certain nombre de limites à la prise en compte généralisée des données sol dans ces démarches, dont deux transparaissent en particulier dans les exemples ci-dessus.

2.2.1 Echelles et résolutions spatiales

L'ensemble des exemples présentés ci-dessus montre qu'il est utile de disposer d'informations pédologiques à une résolution spatiale suffisante pour pouvoir caractériser individuellement les parcelles agricoles ou les îlots PAC. Dans certains paysages de grandes parcelles, des subdivisions de parcelles susceptibles d'être gérées de façon différenciée par les agriculteurs selon les caractéristiques de sol doivent même être envisagées.

Les informations pédologiques disponibles sur quasiment l'ensemble du territoire national à l'échelle du 1/250 000 (Laroche et al. 2014) ne permettent pas de répondre directement à ce besoin. Elles constituent un support qu'il est nécessaire d'enrichir localement de manière ciblée. L'exemple de l'AAC de Soulangis montre que, même lorsque des informations pédologiques sont disponibles à l'échelle du 1/50 000, il est souvent nécessaire de les enrichir par des observations complémentaires à la tarière.

2.2.2 Disponibilité et intégration des données pédologiques dans les méthodologies

Les exemples présentés ci-dessus montrent tout d'abord une forte hétérogénéité dans les données mobilisées par les modèles permettant d'évaluer les risques de transferts. Dans la plupart des cas, il s'agit de données très sommaires, qui peuvent difficilement suffire à refléter le fonctionnement du sol. Par exemple, dans le modèle RISK, la texture du sol doit être choisie selon 3 modalités : argile, limon, sable.

Ensuite, les guides méthodologiques accompagnant la réalisation des différentes étapes fournissent peu de recommandations quant à la manière de collecter des données sol pertinentes pour la problématique des ACC, et de les prendre en compte dans les différentes étapes. Les exemples présentés montrent bien qu'il y a un réel potentiel à mobiliser ces données, non seulement pour la prise en compte des caractéristiques des sols dans les études de diagnostic de la vulnérabilité intrinsèque (AAC de Cantepie), et de diagnostic territorial des pressions agricoles (AAC de Soulangis) mais aussi pour contribuer au partage de ces connaissances dans le territoire et à l'apprentissage de tous les acteurs du territoire directement concernés par le plan d'action : animateur, buveurs d'eau, agriculteurs, collectivité... (AAC d'Oursebeille). Les partenaires interrogés expriment par ailleurs un besoin de disposer de méthodes de référence pour la collecte et la prise en compte des données sol sur les AAC. Cela permettrait notamment de mobiliser de façon plus systématique un intervenant ayant des compétences en pédologie, ce qui n'est pas le cas à l'heure actuelle.

3. Perspectives de production de données sol adaptées à la problématique AAC

Les expériences de mobilisation de données sol sur les AAC évoquées précédemment restent encore isolées à l'échelle du territoire national. Il manque à l'évidence un cahier des charges permettant une généralisation de la prise en compte du sol dans les études AAC. Nous présentons ci-après l'état des réflexions concernant l'élaboration de ce cahier des charges. Notons que, cette action étant dans ses prémices, les éléments fournis ci-après ne sauraient constituer des conclusions définitives.

3.1 Une base conceptuelle : La démarche « secteur de référence »

La méthode des secteurs de référence (Favrot, 1981) a été appliquée entre 1982 et 1986 dans 75 petites régions naturelles françaises à l'occasion de l'opération « Secteur de référence drainage » financée par l'Office National Interprofessionnel des Céréales (ONIC) et le Ministère en charge de l'agriculture. Il s'agissait d'acquérir des références concrètes sur le drainage agricole enterré en prenant en compte la diversité des sols de la petite région naturelle considérée. Plusieurs étapes étaient réalisées successivement :

- Un zonage des terres hydromorphes (ZTH) établi par un jury communal d'agriculteurs. Ce zonage, établi sur la base d'une appréciation collective des temps de ressuyage de terres, permettait de déterminer la superficie et la localisation privilégiée des terres hydromorphes dans la petite région naturelle et de recenser les éléments d'infrastructure hydraulique existant et à créer.
- Une étude pédologique détaillée de un à trois secteurs d'extension limitée (< 1000 ha au total) choisis pour être représentatifs de la diversité des sols de la petite région naturelle avec une possibilité d'extrapolation. Elle comportait une prospection systématique des sols assortie d'analyses physico-chimique pour établir la typologie de sols locale ainsi que des mesures hydrodynamiques et une analyse des réseaux de drainage existants conduisant à définir, pour chaque type de sol, les modalités de drainage adaptées aux caractéristiques des sols.
- Un « retour à la parcelle » sur chaque parcelle à drainer où étaient identifiés, au moyen de sondages légers à la tarière, le ou les types de sols figurant dans la typologie locale établie à l'étape précédente, permettant ainsi de déduire les modalités de drainage correspondantes.
- Des expérimentations complémentaires pour les types de sols les plus difficiles en matière de drainage agricole.

Pour chaque secteur de référence, les résultats faisaient l'objet d'un rapport d'étude et d'une carte des sols, définissant par unité de sols les recommandations opérationnelles en terme de drainage (techniques de pose, matériaux, dimensionnement des réseaux).

Au-delà de l'opération « secteur de référence drainage », quelques secteurs de références ont ensuite été réalisés pour d'autres problématiques que le drainage (irrigation, encépagement des vignobles, etc.). Les secteurs de référence ont été intégrés dans le programme IGCS, en tant que cadre méthodologique pour les études détaillées réalisées dans ce programme. A ce titre, un Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) a été réalisé pour définir précisément les modalités d'étude (Lagacherie et al, 2000) avec des déclinaisons spécifiques pour les études appliquées à l'encépagement du vignoble (Cam et al, 2003) et l'épandage des boues résiduaires (Lagacherie et al, 2001).

3.2 Intérêt et limites de la méthode des secteurs de référence

Malgré son ancienneté, la méthode des secteurs de référence garde un intérêt certain vis à vis des problématiques d'étude de sol actuelles, notamment celle des AAC :

- C'est une solution originale pour concilier à moindre coût un besoin de connaissances précises des sols (pour pouvoir étayer des décisions prises à l'échelle parcellaire) et la nécessité d'être exhaustif sur une zone étudiée qui peut être parfois trop grande pour pouvoir être prospectée de façon systématique. Ceci repose sur l'hypothèse, vérifiée maintes fois par les pédologues de terrain, que les motifs d'organisation des sols se répètent dans une même région et qu'il y a donc un nombre limité de sols que l'on peut étudier dans des secteurs bien échantillonnés.
- Les études de sol de secteurs de référence associent étroitement les agriculteurs et acteurs locaux. Il s'agit, d'une part, de profiter des savoirs empiriques sur les sols locaux au travers d'une approche participative de zonage des terres humides et, d'autre part, de communiquer sous des formes appropriées les typologies de sols locales issues de l'étude (tournées de profils commentées, clés de détermination, fiches de sol)
- Au-delà de leur objectif premier consistant à fournir des références sur les sols locaux, les études de secteur de références sont aussi conçues pour alimenter la connaissance des sols à l'échelle nationale dans le cadre du programme IGCS. Grâce à des cahiers des charges précis et un suivi rapproché des études par des référents scientifiques, il est apporté une garantie d'harmonisation des études et des modalités de présentation des résultats. Ceci rend possible des capitalisations de données recueillies sur des espaces plus larges (régions, France entière)

moyennant un investissement supplémentaire pour couvrir les opérations de saisie des données sols en base de donnée.

Cependant, la méthode des secteurs de référence ne saurait être appliquée telle quelle pour alimenter en données sol les AAC actuelles. Une première différence importante réside dans le changement de thématique. En effet, à la différence de thématiques comme le drainage ou l'encépagement des vignes où le sol était le principal facteur à prendre en compte pour moduler les recommandations techniques, le diagnostic des AAC et l'élaboration des plans d'actions tiennent compte d'un plus grand nombre de facteurs, le sol étant ainsi un facteur parmi d'autres. Ceci est formalisé dans les guides méthodologiques de démarches déjà largement appliquées. L'enjeu est donc de rénover le cadre méthodologique des secteurs de référence et d'examiner la possibilité de produire un nouveau cahier des charges ou d'adapter les guides méthodologiques existants autour des AAC de façon à assurer une bonne articulation de ces démarches.

Par ailleurs, le contexte dans lequel se déroulent les études pédologiques a profondément changé depuis la mise en œuvre des secteurs de référence dans les années 1980. Plusieurs aspects sont à souligner :

- Alors que les périmètres d'études concernés par les études de secteurs de référence étaient le plus souvent dépourvus d'études pédologiques antérieures, ce n'est plus le cas de nos jours. Les études de sol d'AAC doivent ainsi s'appuyer autant que faire se peut sur les Référentiels Régionaux Pédologiques au 1/250 000 disponibles de façon quasi-exhaustive sur la France, sur les autres études pédologiques plus détaillées (1/25 000 – 1/100 000) couvrant des portions significatives de territoires et sur les secteurs de référence existant, et qui peuvent être identifiés grâce à l'outil Refersols mis à disposition par le Gis Sol.
- Les formes de communication des résultats adoptées dans la méthode des secteurs de référence sont devenues obsolètes car elles n'intégraient que très marginalement l'émergence des bases de données pédologiques (DoneSol) et des Systèmes d'Information Géographiques qui se sont depuis révélés des outils quotidiens des producteurs et utilisateurs de données sol. Il convient donc de repenser totalement les procédures de communication des résultats en profitant des opportunités ouvertes par ces nouveaux outils.
- Les sources de financement des études pédologiques se sont singulièrement diversifiées depuis l'opération secteurs de référence dont le financement était unique et centralisé à l'échelle nationale. Ceci rend plus complexe la gouvernance des programmes d'études, pourtant indispensable pour assurer une homogénéité et une qualité des études.

3.3 Vers un nouveau cahier des charges pour les études pédologiques d'aires d'alimentation de captage

Un cahier des charges spécifique aux études pédologiques d'AAC est actuellement en cours de réflexion par les auteurs de cet article dans le cadre de l'action AFB-INRA « Centre de ressources pour les captages ». Il s'appuierait sur les acquis méthodologiques de la méthode des secteurs de référence et sur les quelques études pionnières évoquées ci-dessus. A ce stade de la réflexion, sont exposés ci-après les grands principes sur lesquels le groupe de travail a convergé pour bâtir le futur cahier des charges. Ils restent à préciser, notamment sur la manière d'associer les acteurs des AAC à son élaboration, de manière à en favoriser ensuite l'appropriation. Dans la poursuite des travaux, les auteurs identifieront également s'il est plus pertinent de proposer un nouveau cahier des charges, ou des évolutions des cahiers des charges et méthodes actuels en vue de compléter le diagnostic de vulnérabilité et fournir aux acteurs des AAC les informations les plus pertinentes pour connaître le milieu et agir à bon escient.

3.3.1 Une programmation des études nécessaire à l'échelle nationale

Les études de sol d'AAC représentent des investissements importants qu'il convient d'optimiser au maximum. Il s'agit d'une part de pouvoir s'appuyer autant que faire se peut sur des études pédologiques existantes et, d'autre part, d'appliquer le principe des secteurs de référence en permettant i) de caractériser les sols de plusieurs AAC à partir de l'étude d'une seule, choisie pour être représentative de la petite région naturelle pédologique englobant le groupe d'AAC ou ii) de caractériser uniquement une portion du territoire représentative d'une grande AAC.

Sur la base de ces objectifs, nous proposons d'établir un document de programmation des études d'AAC à l'échelle nationale ou des grands bassins versant français. Ce document permettra d'identifier :

- Les AAC couvertes par une étude de sol ancienne à une échelle supérieure ou égale au 1/100 000, les échelles inférieures au 1/100 000 bénéficiant d'une couverture systématique sur le territoire Français.
- Les groupes d'AAC pouvant bénéficier de la même étude de sol (« AAC de référence ») selon le principe de la méthode des secteurs de référence

Ce document de programmation sera établi à partir des données géographiques concernant l'emprise des AAC sur le territoire, en cours de consolidation par l'AFB, de la base de données Refersols, mise à disposition par le Gis Sol, recensant les études pédologiques existantes ainsi que leurs emprises et des Référentiels Régionaux Pédologiques. Ces derniers seront utilisés pour regrouper les AAC situées dans une même petite région naturelle pédologique.

3.3.2 Des objectifs définis en cohérence avec les démarches existantes

Les études de sol d'AAC se positionnent dès les phases de diagnostic, pour lesquelles nous disposons à l'heure actuelle de références méthodologiques nationales qui ciblent un certain nombre de propriétés de sol qu'il convient d'estimer.

Pour ce qui concerne les diagnostics de vulnérabilités intrinsèques au sein d'AAC, l'étude pédologique aura pour premier 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). Au-delà de cet objectif, nous revisiterons les différentes méthodes multicritères existantes pour identifier la combinaison de propriétés de sol la mieux à même de traduire le fonctionnement hydrique du sol. Sur l'exemple de la méthode des secteurs de référence et de certaines méthodes de diagnostic de vulnérabilité (ex. méthode PRADO) nous préconiserons également des mesures physiques complémentaires (ex humidités spécifiques, indice de battance) pour améliorer la caractérisation des sols vis à vis des processus gouvernant la vulnérabilité des AAC.

Pour ce qui concerne les diagnostics de pressions agricoles et l'élaboration des plans d'actions résultant des 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 dans les simulations de scénarios initiales (ex MERLIN, ARTHUR,...), et aussi pour évaluer les émissions de polluants par les champs cultivés et la qualité de l'eau à attendre à l'exutoire à terme, au fur et à mesure de l'avancement du plan d'actions ;
- 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.

3.3.3 Une démarche favorisant la co-construction de connaissances sur les sols

En s'inspirant de l'exemple de la méthode des secteurs de référence et de certaines études d'AAC pionnières (voir AAC d'Oursebelle), nous préconisons une participation active des acteurs locaux dans l'étude pédologique, par ailleurs conduite par un pédologue aux compétences reconnues. Il s'agit à la fois d'alléger les coûts d'investigation mais aussi de réussir l'appropriation de l'étude par les acteurs locaux. Cette participation, se situerait au moins à deux niveaux :

- Sur le modèle des ZTH (voir ci-dessus) la réalisation, en début d'étude, d'un zonage de comportement des parcelles par un panel d'agriculteurs locaux. Cette enquête serait effectuée de façon exhaustive et serait basée sur des questions portant sur des observations de comportement des parcelles par les agriculteurs (période de « décrochage » de la culture sous sécheresse, vitesse de ressuyage du sol, etc. ...).
- La réalisation du « retour à la parcelle » sur les AAC non couvertes par l'étude pédologique initiale, dans le cas où une AAC de référence a permis de caractériser plusieurs AAC regroupées ou que l'étude de sol a été limitée à une portion de l'AAC. Selon la méthode des secteurs de référence, les parcelles de ces AAC doivent être rattachées à un type de sol de l'AAC de référence, préalablement caractérisé sur la base d'une observation légère du sol. Le zonage de comportement évoqué ci-dessus pourrait être d'une grande utilité pour effectuer cette opération.

3.3.4 Une diffusion des résultats pour des utilisateurs multiples

C'est en premier lieu l'animateur du plan d'action et les acteurs du territoire (agriculteurs, collectivités, associations locales, etc.) qui doivent pouvoir s'approprier les données pédologiques, dans le cadre d'une connaissance globale du milieu de l'AAC. Pour ces acteurs, il s'agit de partager une même typologie des sols locale qui permettra de prendre en compte le sol dans l'élaboration des solutions pour produire de l'eau propre (voir AAC de Soulangis). Ceux-ci sont appuyés ponctuellement, dans les études de diagnostics de vulnérabilités et de pression agricoles, par des chargés d'études. Il est important que ceux-ci trouvent au sein des données pédologiques collectées les propriétés de sols, le plus souvent spatialisées, permettant l'application des méthodes et modèles impliqués dans ce type d'étude. Enfin, comme c'est le cas pour toute acquisition de nouvelles données pédologiques, il est important de veiller à leur capitalisation et leur référencement pour une remobilisation ultérieure, avec une priorité donnée au format national DoneSol (Gaultier et al, 1993), qui facilite leur traitement et leur croisement avec d'autres données pédologiques.

Conclusions

Les caractéristiques des sols jouent un rôle fondamental au niveau des aires d'alimentation de captages et devraient être prises en compte dans l'élaboration et la mise à en œuvre des plans d'actions sur les AAC. Les données sol capitalisées dans le cadre des programmes du Gis Sol peuvent servir de support à un enrichissement local ciblé. L'adaptation du cadre des Secteurs de référence à la problématique des AAC semble particulièrement prometteur pour à la fois optimiser les coûts de collecte et la qualité des données pédologiques, l'appropriation par les différents acteurs impliqués et la pertinence des actions élaborées au niveau des AAC.

Remerciements

L'action s'inscrit dans le cadre du « Centre de ressources Captages » AFB-Inra. Elle bénéficie, pour sa mise en œuvre, des données capitalisées dans le cadre du Gis Sol. Elle contribue à l'action 2-4 du RMT Sols et Territoires.

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.

Aimon-Marie F., Angevin F., Guichard L., 2001. MERLIN : une méthode agronomique pour apprécier les risques de pollution diffuse par les nitrates d'origine agricole. Agroturf, Lusignan, 27 p. Baize, D., 2004. Petit lexique de pédologie. Collection Dictionnaires. Paris : INRA Editions, 271 p.

Bruand A., Perez Fernandez P., Duval O., Quetin P., Nicoullaud B., Gaillard H., Raison L., Pessaud J.F., Prud'Homme L., 2002. Estimation des propriétés de rétention en eau des sols : Utilisation de classes de pédotransfert après stratifications texturale et texturo-structurale. *Etude et Gestion des Sols*, 9 (2), 105-126.

Bruand A., Coquet Y., 2005. Les sols et le cycle de l'eau. *Science du Sol et Environnement*, Dunod, pp.345-363

Cam C., Vital P., Fort J.L., Lagacherie P., Morlat R., 2003. Un zonage viticole appliqué, basé sur la méthode des secteurs de référence en vignoble de Cognac (France). *Etude et Gestion des Sols* 10, 35-42.

Chambre d'Agriculture de l'Indre, APAMA (Association pour l'Application des Modèles Agronomiques), GCE-Technologie, 1988. L'outil Scan Azote. <http://www.indre.chambagri.fr/la-chambre-a-votre-service/enregistrement-fertilisation-npk.html>

Catalogne C., Le Henaff G., Carlier N., 2016. Guide pour l'évaluation de la vulnérabilité intrinsèque aux transferts hydriques de contaminants d'origine agricole dans le cas d'une Aire d'Alimentation de Captage à transferts mixtes. Présentation de la méthode et exemple d'application. Irstea – Onema. 98p. Commission européenne, 2006. Communication du 22 sept. 2006 : Vers une stratégie thématique pour la protection des sols, COM(2002) 179 final, 13p.

Favrot J.C., 1981. Pour une approche raisonnée du drainage agricole en France : la méthode des secteurs de référence. C.R. Académie d'Agriculture de France, pp 716-723.

Gaultier J.P., Legros J.P., Bornand M., King D., Favrot J.C., Hardy R., 1993. L'organisation et la gestion des données pédologiques spatialisées: Le projet DONESOL. *Rev. Géomatique* 3, 235-253.

Gis Sol, 2011. L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188p.

Grolleau E., Bargeot L., Chafchafi A., Hardy R., Doux J., Beaudou A., Le Martret H., Lacassin J.C., Fort J.L., Falipou P., Arrouays D., 2004. Le système d'information national sur les sols: DONESOL et les outils associés. *Etude et Gestion des Sols*, 11 (3), 255-269.

InfoSol, 2005 - Référentiel Régional Pédologique : Cahier des Clauses Techniques Général, 21 p.

Jamagne M., Bétrémieux R., Bégon J.C., Mori A., 1977. Quelques données sur la variabilité dans le milieu de la réserve en eau des sols. *Bulletin Technique d'Information – Ministère de l'Agriculture*, 324-325, 627-641.

Jean-Baptiste S., Guichard L., Reau R., 2016. Guide pratique d'aide à la réalisation du diagnostic territorial des pressions et émissions agricoles. Inra – Onema. 121p.

Lagacherie P., Couleuvrat C., Féraud J., Hardy R., Limaux F., Party J.P., Vinatier J.M., 2000. Cahier des Clauses Techniques Générales (CCTG) pour la réalisation d'une étude pédologique en vue d'établir un référentiel sol local. Programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS), Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, INRA.

Lagacherie P., Bourgeois S., Couleuvrat C., Féraud J., Hardy R., Party J.P., Vinatier J.M., 2001. Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) en vue de l'élaboration d'un référentiel pédologique local pour l'épandage des déchets et sous-produits d'origine urbaine, industrielle ou agricole. Programme Inventaire Gestion et Conservation des Sols (IGCS), Ministère de l'Agriculture et de la Forêt, INRA.

Laroche B., Richer de Forges A., Leménager S., Arrouays D., Schnebelen N., Eimberck M., Toutain B., Lehmann S., Tientcheu Nguenkam M.-E., Héliès F., Chenu J.-P., Parot S., Desbourdes S., Girot G., Voltz M., Bardy M., 2014. Le programme Inventaire Gestion Conservation des Sols de France : volet Référentiel Régional Pédologique. *Etude et Gestion des Sols*, 21, 125-140.

Laurent M., Minette S., 2005. Guide d'utilisation de la méthode MERLIN v2, classeur, Chambre Régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes.

Lemercier B., Laroche B., Armand R., Chafchafi A., Détriché S., Ducommun C., Jalabert S., Lehmann S., 2017. Guide d'utilisation des bases de données sol pour la production de cartes thématiques. RMT Sols et Territoires, 110p.

Lemoine P., 2016. Diagnostic de vulnérabilité d'une Aire d'Alimentation de Captage. L'exemple de Cantepie (Calvados). Rapport de stage, 48 pages, Caen.

Minette S., 2006. Définition d'un indicateur des risques potentiels de transferts des substances actives phytosanitaires. Chambre régionale d'Agriculture de Poitou-Charentes, 23p. Richer de Forges A., (2003) carte des sols de Patay au 1/50 000, Chambre d'Agriculture du Loiret.

Richer de Forges A.C. (2013) Base de données du Référentiel Régional Pédologique du département des Landes à 1/250 000, en format DoneSol3.4. INRA InfoSol.

Richer de Forges A., Baffet M., Berger C., Coste S., Courbe C., Jalabert S., Lacassin J.-C., Maillant S., Michel F., Moulin J., Party J.-P., Renouard C., Sauter J., Scheurer O., Verbègue B., Desbourdes S., Héliès F., Lehmann S., Saby N., Tientcheu Nguenkam M.-E., Jamagne M., Laroche B., Bardy M., Voltz M., 2014. La cartographie des sols à moyennes échelles en France métropolitaine. *Etude et Gestion des Sols*, 21, 25-36.

Rousseau M.L., 2003. L'évaluation de MERLIN, une méthode utilisée en Poitou-Charentes constituée d'indicateurs agro-environnementaux (EQUIF, IC, SENSIB) Mémoire de fin d'études ESA Angers, 70p.

Studer R., Servant J., Dupont J., Lafrechoux M., Nicoullaud B., 1982. La carte des sols de la région Centre. *Bulletin inf. IGN n°45*.

Tetegán M., Richer de Forges A.C., Verbègue B., Nicoullaud B., Desbourdes C., Bouthier A., Arrouays D., Cousin I., 2015. The effect of soil stoniness on the estimation of water retention properties of soils: A case study from central France. *Catena*. 129 : 95-120.

Tóth B., Weynants M., Nemes A., Makó A., Bilas G., Tóth G., 2015. New generation of hydraulic pedotransfer functions for Europe. *Eur J Soil Sci*, 66: 226–238

Vernoux J.F., Wulleumier A., Dörfli N., 2007. Délimitation des bassins d'alimentation des captages et de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Guide méthodologique, rapport BRGM/RP-55874-FR, 75 p.

Vernoux J.F., Wulleumier A., Perrin J., 2014. Délimitation des aires d'alimentation de captages d'eau souterraine et cartographie de leur vulnérabilité vis-à-vis des pollutions diffuses. Version révisée du guide méthodologique, rapport BRGM/RP-63311-FR, 133 p.

Wösten J.H.M., Pachepsky Y., Rawls W.J., 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology*, 251, 123–150

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « *Innovations Agronomiques* », la date de sa publication, et son URL)