



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE

n° 010068-01

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT

n° 14135

Propositions pour un cadre national de gestion durable des sols

établi par

Philippe BELLEC, Patrick LAVARDE, Laurence LEFEBVRE et Marie-Laurence MADIGNIER

Septembre 2015



Les auteurs attestent qu'aucun des éléments de leurs activités passées ou présentes n'a affecté leur impartialité dans la rédaction de ce rapport

Sommaire

Résumé.....	3
Introduction.....	7
1. Première partie : Les principaux enjeux d'une gestion durable des sols.....	9
1.1. Le sol : à la recherche d'une définition.....	9
1.1.1. Du point de vue des scientifiques.....	9
1.1.2. Du point de vue des usagers.....	10
1.1.3. Du point de vue des juristes de l'environnement.....	11
1.2. Un écosystème complexe qui rend des services.....	11
1.2.1. Un écosystème complexe et méconnu, mais indispensable et fragile.....	12
1.2.2. Les pressions sur les sols, comme autant de menaces sur leurs fonctions et les services qu'ils rendent.....	15
1.3. Une lente prise en compte des sols dans les politiques internationales, européennes et nationales.....	17
1.3.1. La dégradation des sols émerge à l'agenda international.....	17
1.3.2. Les politiques de l'Union européenne.....	18
1.3.3. Des politiques nationales disparates au sein de l'Europe.....	25
1.4. La situation en France.....	29
1.4.1. L'état des sols en France : une situation mitigée avec encore des incertitudes.....	30
1.4.2. Les principaux enjeux d'une gestion durable des sols en France.....	31
1.4.3. Extension urbaine et artificialisation des sols : un enjeu central.....	32
1.4.4. La pollution des sols : un enjeu de santé publique et d'environnement.....	41
1.4.5. Agriculture et forêt : un enjeu de fertilité au service de la production alimentaire et de bio-produits.....	48
1.4.6. Le sol et le climat sont étroitement liés à de nombreux égards.....	51
1.4.7. Les sols et la régulation du cycle de l'eau.....	55
1.4.8. La biodiversité et les sols : un réservoir à préserver et à valoriser.....	56
1.4.9. L'enjeu de la connaissance.....	57
1.5. Les sensibilités et positions des acteurs.....	60
1.5.1. Des positions contrastées.....	61
1.5.2. Les points de vue sur des questions transverses.....	64
2. Deuxième partie : Propositions pour une stratégie nationale de gestion durable des sols.....	70
2.1. Les principes et le cadre d'une stratégie nationale sur les sols.....	70
2.1.1. Six principes.....	70
2.1.2. Un cadre organisé en dix axes.....	71
2.2. Les objectifs et actions des axes de la stratégie.....	72
Conclusion : recommandations pour l'élaboration de la stratégie nationale.....	104

Annexes.....	108
1. Lettre de mission.....	109
2. Liste des personnes rencontrées.....	112
3. La recherche sur les sols.....	119
4. Les données sur les sols.....	128
5. Bibliographie des principaux ouvrages consultés.....	135
6. Glossaire des sigles et acronymes.....	136

Résumé

Qu'est ce que le sol ? Selon que la question est posée à un biologiste, un agriculteur, un pédologue, un hydrogéologue, un exploitant carrier, un entrepreneur du bâtiment, un aménageur, un urbaniste, un archéologue, un paysagiste, un juriste de l'environnement... la réponse est différente.

Il est en effet difficile de fournir une définition qui rende compte de la variété des représentations d'un écosystème complexe, qui associe des particules minérales, des matières organiques, de l'eau, de l'air et des organismes vivants, en interaction constante avec les autres compartiments de notre environnement (l'eau, l'air, les roches mères sous-jacentes, la vie microbienne, végétale et animale). Il est également difficile de rendre compte des nombreuses fonctions écologiques indispensables à la vie terrestre : stockage et recyclage des éléments nutritifs et de la matière organique, régulation de l'effet de serre, régulation des précipitations et filtration de l'eau, pouvoir tampon d'accumulation de contaminants susceptibles d'être transférés aux animaux ou aux plantes, rôle central dans le cycle de l'azote et du carbone...Ceci d'autant plus qu'aux services de régulation et d'auto-entretien du fonctionnement du sol, s'ajoutent des services de production très variés : denrées alimentaires, bois, fibres, matériaux de construction, et plus récemment produits biochimiques et pharmaceutiques issus d'un patrimoine biologique encore mal connu mais immense et très diversifié, de support physique pour l'habitat, les activités et les infrastructures, ainsi que des services culturels nombreux, eux aussi en constante évolution.

Le bon état du « sol matière », producteur de services indispensables à la vie, constitue par conséquent un enjeu central de développement durable. Ceci d'autant plus que le temps du processus naturel de formation ou de régénération des sols est sans commune mesure plus long que celui de leur dégradation. Les causes de cette dernière sont très largement dépendantes des modes d'usage des sols liés aux activités humaines : imperméabilisation, érosion, tassement, perte de matière organique et de biodiversité, contamination...

Une gestion durable des sols nécessite donc, d'une part, d'organiser les complémentarités d'usage du « sol surface », support du foncier, au mieux de l'intérêt général, en hiérarchisant les services aux différentes échelles, et d'autre part, pour un usage donné, de veiller à assurer à travers une gestion adaptée à ne pas dégrader le sol et à éviter qu'il devienne lui-même une source de dysfonctionnements et de nuisances : accélération du ruissellement et des transferts d'eau latéraux ; baisse de la qualité des eaux superficielles ; impact sur la qualité des eaux souterraines ; impact sur la santé (contaminations) ; impacts en aval dus à l'érosion, en particulier au détriment des zones habitées et des réseaux d'infrastructures (coulées de boue) ; baisse de la biodiversité ; émissions de CO₂ et augmentation des gaz à effet de serre ; désertification ...

Sans toucher encore vraiment le grand public, la prise de conscience de l'importance des services rendus par les sols aux humains comme aux autres communautés animales et végétales, ainsi que celle des menaces que font peser les activités humaines sur la pérennité de ces services, progressent significativement dans différentes sphères d'acteurs (services de l'État, établissements et organismes publics, associations environnementales, gestionnaires de terrain et organismes conseils...), en lien avec l'amélioration des connaissances sur l'écosystème et les interactions entre

les différentes fonctions écologiques (biodiversité, fonction hydrique, stabilité mécanique des sols, filtrage des pollutions, régulation thermique....).

En déclarant l'année 2015 Année internationale des sols, l'Assemblée générale de l'ONU a souhaité mettre en pleine lumière l'impérieuse nécessité de mieux préserver les sols pour faire face aux défis majeurs qui se posent au niveau mondial en termes de sécurité alimentaire, de changement climatique, de sécurité de l'approvisionnement en eau et de biodiversité.

Au plan international, des efforts ont été réalisés ces dernières années pour promouvoir une gestion durable des sols, grâce à la mise en place en 2012 du Partenariat mondial sur les sols, qui s'est notamment traduit par la révision, approuvée en juin 2015 lors de la 39e conférence de la FAO, de la charte mondiale sur les sols, à la lumière des nouvelles connaissances scientifiques acquises au cours des trente dernières années.

Au plan communautaire, la protection des sols a également fait l'objet de plusieurs initiatives depuis une quinzaine d'années. Il s'agit à ce jour d'orientations non contraignantes (communications stratégiques de la Commission, plus récemment préparation d'une communication « land as a resource »), un projet de directive sur les sols n'ayant pas abouti. Les sols sont également impactés, même indirectement, par de nombreuses législations (directive Nitrates, directive Habitats, directive relative aux déchets, aux émissions industrielles...) ainsi que par les réglementations de la politique agricole commune.

En France, comme à l'échelon communautaire, la gestion des sols est abordée dans de nombreuses politiques nationales sectorielles : sites et sols pollués, prévention des risques naturels, préservation du littoral, urbanisme, politiques agricole et forestière... En 2014, tant la loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (ALUR) que la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAF) ont mis l'accent sur la nécessité de lutter contre l'artificialisation des sols, en préservant les espaces naturels, agricoles et forestiers. S'y ajoutent le projet agro-écologique et l'initiative multi-partenariale « 4 pour 1000 : des sols pour la sécurité alimentaire et le climat » lancée par le ministre de l'agriculture au printemps 2015.

À travers les nombreux entretiens menés, les membres de la mission ont pu mettre en évidence que le principe de définir un cadre national pour la gestion durable des sols recueille un large consensus : si la notion de « patrimoine commun » fait débat, l'intérêt général des services écosystémiques rendus par le sol est reconnu. Les différents acteurs soulignent par contre le besoin de renforcer la cohérence des différentes politiques sectorielles, et de développer une approche transversale de la gestion des sols. Un tel cadre serait sans doute l'occasion de davantage sensibiliser les acteurs politiques et institutionnels sur le sujet.

L'état des sols en France, dressé par le Groupement d'intérêt scientifique Sol (Gis Sol) en 2011, a permis de mettre en évidence l'enjeu central que représente l'extension urbaine, principal facteur de consommation des terres et d'artificialisation des sols. Après avoir connu une forte hausse sur la période 2000-2008, le rythme de la consommation des espaces ralentit clairement depuis 2008. La progression des zones urbanisées au profit de l'habitat, des activités économiques et des infrastructures de services, a été sensiblement plus rapide que la croissance démographique. Elle s'est faite à 90 % au détriment de terres agricoles, en concernant pour un tiers d'entre elles des sols avec d'excellentes potentialités agronomiques et de forte capacité de réserve en eau. Cette ponction, si elle se fait au détriment des activités agricoles, correspond cependant à des situations très diverses et il convient de ne pas assimiler

artificialisation et imperméabilisation. Les principales autres menaces, avérées dans certains territoires, potentiellement aggravées par le changement climatique pour certaines, ainsi que par les modes de gestion, sont l'érosion, la baisse des teneurs en matière organique, ainsi que les contaminations ponctuelles ou diffuses.

Il est donc essentiel qu'à l'avenir, l'aménagement du territoire, en métropole comme en outre-mer, tienne davantage compte des sols et de leurs qualités par rapport aux usages et services attendus, et que les modes de gestion, tant en milieu urbain qu'en milieu naturel, agricole et forestier, visent à préserver au maximum la résilience des sols et leur multifonctionnalité, en s'inscrivant dans le long terme.

À cette fin, la mission considère que la conception d'un cadre national de gestion durable des sols constituerait une réponse adaptée au problème posé et au contexte réglementaire actuel. Il permettrait de traduire, dans une stratégie nationale, une vision transversale et de long terme. La mission suggère quatre axes thématiques et cinq axes transversaux. Dans la deuxième partie du rapport, chaque axe fait l'objet d'une fiche où figurent les objectifs associés, des suggestions d'actions correspondantes, ainsi qu'un bref rappel des connaissances et des besoins à partir de l'état des lieux dressé dans la première partie. Ils peuvent être résumés ainsi :

Axes thématiques :

1/ Assurer un bon fonctionnement des sols agricoles, forestiers et naturels, en fournissant aux gestionnaires concernés les connaissances et les outils d'aide à la décision pour que ces derniers adoptent des pratiques permettant de conserver ou d'améliorer l'état de leur sol, à l'aide le cas échéant d'instruments politiques et économiques incitatifs.

2/ Mieux gérer les sols urbains, en précisant l'objectif de réduction de l'extension urbaine et en réduisant l'augmentation nette de l'artificialisation des sols. Cet objectif serait à décliner dans les documents stratégiques de planification territoriale. Des observatoires adaptés aux différentes échelles devraient permettre d'en assurer un suivi. Promouvoir pour cela des projets d'urbanisation moins consommateurs d'espace, notamment par une utilisation facilitée des friches urbaines, et mettre en place des outils fiscaux adaptés.

3/ Prévenir et remédier à la pollution des sols, en luttant contre la contamination par les pollutions ponctuelles historiques, en prévenant celle par les pollutions diffuses et en facilitant la réutilisation des sols pollués et des friches en milieu urbain pour lutter contre la consommation de nouveaux espaces.

4/ Adapter les sols au changement climatique et renforcer leur contribution à son atténuation, en renforçant notamment le stockage de carbone dans les sols, grâce à la recherche et la diffusion des bonnes pratiques de gestion.

Axes transversaux :

5/ Décliner territorialement la politique des sols, en traduisant le cadre national aux différentes échelles de planification territoriale, notamment dans le nouveau schéma régional d'aménagement de développement durable et d'égalité des territoires, les schémas de cohérence territoriale et les plans locaux d'urbanisme.

6/ Développer la recherche sur les sols, à travers une programmation coordonnée de la recherche-développement finalisée axée sur les objectifs thématiques précédents,

en développant les dispositifs de recherche participative, et en favorisant la création d'un espace de dialogue technique réunissant les opérateurs actuels de la recherche appliquée.

7/ Améliorer la connaissance des sols, à partir notamment d'un schéma national des données sur les sols à élaborer, de la mise en réseau de l'ensemble des producteurs et gestionnaires de données, de la mutualisation des méthodes et des outils de valorisation, et faciliter l'accès aux données.

8/ Former et sensibiliser à l'enjeu de la préservation des sols, dans les programmes d'enseignement général et technique, en visant, au-delà de la sphère agricole et forestière, également une sensibilisation des élus, des aménageurs et des professionnels des travaux publics.

9/ Agir à l'international en faveur de la préservation des sols, notamment en initiant des programmes de recherche en partenariat avec d'autres pays au niveau européen et international, et en développant une stratégie d'influence au sein de l'Union européenne pour mieux faire prendre en compte les priorités françaises en matière de gestion des sols dans les évolutions des politiques communautaires concernées.

À ces neuf axes, il est nécessaire d'ajouter un dixième axe relatif à la gouvernance, pour piloter et faire vivre la stratégie sur le long terme. La mission suggère ainsi une durée de dix ans avec une révision à mi-parcours, la mise en place d'un pilote interministériel assurant la coordination des actions de l'État sur les sols, et celle d'un réseau associant les différents services de l'ensemble des ministères concernés travaillant sur la thématique foncier/sol. Le suivi de la mise en œuvre de la stratégie pourrait être confié à une commission spécialisée du Conseil national de la transition écologique (CNTE).

La mission recommande en conclusion qu'à partir de la décision politique qui en arrêtera les axes, le projet définitif de stratégie nationale soit construit de façon collégiale, sous le pilotage du CNTE, avant d'être approuvé à l'échelon interministériel. Des groupes rassemblant des acteurs économiques, scientifiques, techniques, administratifs, institutionnels, associatifs, pourraient être créés pour l'élaboration détaillée de chacun des axes stratégiques retenus et la détermination des actions prioritaires à mener.

Introduction

Par courrier conjoint du 10 novembre 2014, la ministre de l'Écologie, du développement durable et de l'énergie et le ministre de l'Agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt ont confié au Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEED), ainsi qu'au Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux (CGAAER), une mission d'élaboration d'un cadre national de gestion durable des sols.

La réalisation de cette mission a été respectivement confiée, pour le Cgaaer, à Laurence Lefebvre et à Marie-Laurence Madignier, ingénieures générales des ponts, des eaux et des forêts, et pour le Cgedd, à Philippe Bellec, inspecteur général du développement durable, et à Patrick Lavarde, ingénieur général des ponts, des eaux et des forêts.

Au cours du premier semestre de l'année 2015, la mission a rencontré près de 150 personnes représentant les administrations centrales concernées, des établissements publics, des collectivités territoriales, la Commission européenne, les secteurs économiques, les organismes de recherche et de développement, les associations, ainsi que des experts. La mission tient à remercier tous ses interlocuteurs pour leur disponibilité et pour le temps qu'ils ont bien voulu consacrer à ces échanges.

La mission a pour objectif de contribuer à définir un cadre politique national lisible sur les sols¹, qui fédère et fasse le lien entre l'ensemble des mesures existantes ou à venir. Il n'existe pas, en effet, de politique nationale des sols, à la différence de ce qui existe pour d'autres milieux comme l'air et l'eau. Ainsi, le livre 2 du code de l'environnement consacré aux milieux physiques n'a pas de titre dédié aux sols à la suite de ceux relatifs à l'eau et aux milieux aquatiques et à l'air et l'atmosphère.

Il est demandé dans la lettre de mission de faire un état des lieux de la situation actuelle au travers d'un inventaire des outils et actions existants dans le domaine de la gestion des sols, d'un recueil et d'une synthèse de la position des nombreux partenaires concernés par la gestion des sols, puis de proposer une méthodologie d'élaboration d'un cadre national de gestion des sols.

Ainsi que précisé par les ministres, ce rapport vise moins à établir un projet rédigé de stratégie nationale des sols, qu'à en identifier des principes, à en proposer des axes constitutifs et à percevoir la sensibilité des principaux types d'acteurs au travers des nombreux entretiens menés par l'équipe de mission. Il appartiendra ensuite aux services concernés de mener les concertations nécessaires pour élaborer la stratégie détaillée selon les orientations qui seront arrêtées par les ministres.

La première partie du rapport présente tout d'abord brièvement le milieu sol, ses fonctions, les services qu'il rend et les menaces qu'il subit. Suit un état des lieux de la prise en compte du sol dans les politiques internationales et communautaires, ainsi que des éléments sur la situation dans d'autres pays européens. Puis sont analysés les principaux enjeux d'une politique de gestion durable des sols en France et l'état actuel de leur prise en compte dans les politiques publiques nationales. Cette première

¹ Les sols ici considérés sont uniquement les sols continentaux à l'exclusion des fonds marins.

partie se termine par une analyse des positions exprimées par les différents acteurs rencontrés par la mission sur la gestion des sols et l'opportunité d'une stratégie dédiée

Dans la seconde partie du rapport sont présentés les axes qui pourraient structurer la future stratégie nationale sur les sols en distinguant un nombre réduit d'axes thématiques soutenus par quelques axes à caractère transversal. Afin que ses propositions soient suffisamment concrètes, la mission suggère un ensemble de pistes d'actions à mener, la plupart d'entre elles pouvant s'inscrire dans les politiques sectorielles, alors que d'autres devraient justifier d'un plan d'action spécifique en déclinaison de la stratégie.

En conclusion, la mission recommande une méthode pour finaliser le projet définitif de stratégie qu'il lui paraît souhaitable de construire avec les acteurs.

1. Première partie : Les principaux enjeux d'une gestion durable des sols

« Nous n'héritons pas de la terre de nos ancêtres, nous l'empruntons à nos enfants »

Proverbe africain cité par Antoine de Saint-Exupéry dans « Terre des hommes » en 1939.

Après une brève présentation du milieu sol et des menaces qu'il subit, cette première partie fait un état des lieux de la prise en compte du sol et de ses principaux enjeux dans les politiques publiques. Elle se termine par une analyse des positions exprimées par les différents acteurs rencontrés par la mission.

1.1. Le sol : à la recherche d'une définition

Définir précisément le sol reste difficile. Un ouvrage de référence sur les sols est intitulé « Sous les pavés, la terre ». Ce titre est révélateur : « Sous les pavés, le sol » n'aurait pas eu de sens dans la mesure où les pavés constituent tout autant le sol que ce qui est dessous.

Ainsi que le rappelle l'association française de l'étude du sol (Afes) dans une note publiée sur son site, le mot pédologie vient du grec πῆδον (pédon) qui signifie « ce qui est sous les pieds », et de λόγος (logie), la science ou le discours sur. Étymologiquement, ce que l'on désigne en français comme science du sol, est donc considérée comme la science de ce qui est sous les pieds. Rappel qui peut s'avérer utile, tant le terme sol est utilisé avec des acceptions forts variables².

Lorsqu'on se penche sur la question des sols, on est en effet d'emblée confronté à la fois à différentes acceptions et aux multiples points de vue, exprimés par les spécialistes et les usagers, sur les aspects déterminants à leurs yeux, à mettre en avant, à préserver ou à améliorer.

1.1.1. Du point de vue des scientifiques

Certains spécialistes³ définissent le sol de manière simple en y ajoutant une définition pédologique : *« Le sol est la partie superficielle de l'écorce terrestre, meuble, dans laquelle se développent les racines des plantes », qui est « le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation de la partie superficielle de l'écorce terrestre sous l'action de la vie, du climat et des échanges d'énergie qui s'y manifestent ».*

² On pourra se reporter à ce sujet au chapitre « Les définitions du sol » qui figure dans l'avis du Conseil économique, social et environnemental de mai 2015 « la bonne gestion des sols agricoles : un enjeu de société », qui décrit bien ces différentes approches.

³ Définition donnée par Claire Chenu, professeur de science du sol à Agroparistech (la seconde partie étant tirée de Aubert et Boulaine, 1967).

L'association française de l'étude du sol (Afes) a donné en 2014 une définition scientifique, qui semble faire consensus au sein de la communauté des pédologues : *« Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro organismes). »*

De nombreux scientifiques non pédologues considèrent que l'on ne peut pas limiter le sol au substrat terreux mais qu'il convient de l'élargir à la « zone critique de la Terre », située entre le sommet de la canopée et la base des sols, au contact avec les roches mères de la lithosphère. Cette zone est en effet « critique » pour le devenir de l'humanité. Elle préside à la formation des sols et à l'évolution des paysages, à la régulation des acides atmosphériques, au développement de la biomasse visible et invisible, à la formation de la ressource en eau, à l'acquisition de la structure et de la composition chimique des sols (au sens large), à la fertilité des écosystèmes et des agrosystèmes, au contrôle des toxines dans la biosphère.

1.1.2. Du point de vue des usagers

Il existe presque autant de conceptions du sol que de groupes d'usagers. Par exemple :

- le « sol » des agronomes est conçu comme une ressource constituant une réserve d'éléments nutritifs pour la végétation (cultivée ou non) et le lieu de croissance et d'activité des racines ;
- le « sol » pour les archéologues permet de découvrir dans des couches de terre, l'histoire de civilisations passées ;
- le « sol » des exploitants carriers ou mineurs est la terre que l'on creuse pour en extraire du sel, des pigments, du sable, de l'argile, des graviers, et parfois des minerais utiles à nos industries ;
- le « sol » des géotechniciens est à la fois ce volume de terre qui concerne les fondations et le matériau de mélange de terre, de pierres, de graviers et de gravats qui constituera un matériau de chaussée ou de construction ;
- le « sol » des aménageurs (collectivités, maîtres d'ouvrage...) est conçu comme un support en deux dimensions de l'aménagement (logements, infrastructures...) dans un contexte de conflit ou de complémentarité d'usage du sol.

1.1.3. Du point de vue des juristes de l'environnement

Bien que le professeur Philippe Billet note⁴ que « *Les sols sont l'Arlésienne du droit de*

l'environnement », il met en évidence l'évolution de la perception du sol : au-delà de la dimension de support à deux dimensions que constitue le foncier et qui est celle du code civil, le sol apparaît plus nettement comme milieu à trois dimensions et comme interface d'enjeux écologiques. Aux notions d'utilisation et d'usage du sol, se superpose de plus en plus celle de services écosystémiques et les sols semblent conquérir une nouvelle légitimité qui permet ne plus les considérer comme de simples supports de services que le droit s'efforce de régir en arbitrant entre les usages, mais bien comme des écosystèmes à part entière, fragiles et qu'il faut protéger pour eux-mêmes.

Cette orientation se traduit dans le projet de loi sur la biodiversité en cours d'examen par le Parlement, qui prévoit de promouvoir le sol, au titre de l'article L 110-1 du code de l'environnement, comme participant au patrimoine commun de la Nation⁵. Les sols paraissent ainsi au carrefour des actions et intérêts privés, d'une part, et des actions, enjeux et intérêts collectifs, d'autre part.

Si les définitions varient, les spécialistes de divers horizons s'accordent sur la nécessité d'appréhender le sol dans toutes ses dimensions, le sol « matière », milieu vivant en interactions avec les autres compartiments de la Terre, et le sol « espace », occupé pour des usages divers valorisant des services rendus par le sol « matière ». De par son caractère de milieu dynamique en perpétuelle évolution, il faut aussi l'envisager sous sa quatrième dimension, temporelle.

1.2. Un écosystème complexe qui rend des services

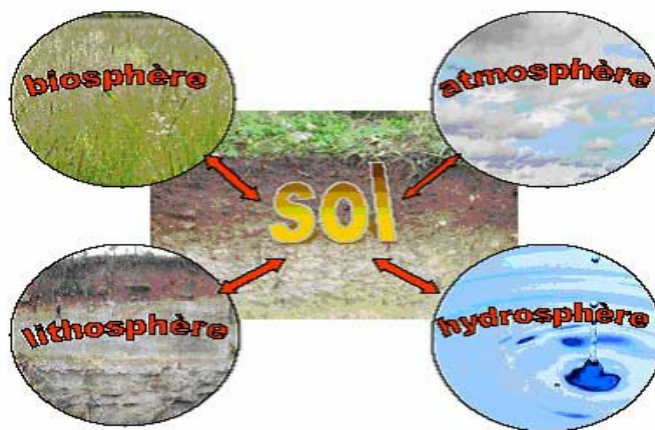
Résultant de l'altération des roches sous-jacentes et de la dégradation des matières organiques, sous l'influence des agents biologiques (végétation, faune du sol...), chimiques et physiques (précipitations, variations de température...), la formation du sol est un phénomène continu très lent, qui varie de quelques milliers à plusieurs millions d'années. Le sol est en interaction avec les autres milieux que sont l'eau et l'air, et avec les organismes vivants (végétaux et animaux) qui le colonisent en profondeur ou/et en surface. C'est donc un écosystème qui assure diverses fonctions, à l'origine de nombreux services rendus aux productions et aux conditions de la vie humaine. L'aspect non renouvelable de la ressource limitée sol doit être pris en compte : certaines dégradations du sol, lorsqu'elles ne sont pas irréversibles, peuvent nécessiter un temps de restauration nettement supérieur à une génération humaine.

⁴ Ph. Billet (dir), La protection juridique de la qualité des sols, synthèse des résultats du projet NormaSol (Recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol), Programme GESSOL (MEDDE/ADEME)

⁵ L'article L 110 du code de l'urbanisme a érigé par ailleurs le territoire français comme patrimoine commun de la nation et cite la gestion économe des sols comme devant conduire les collectivités publiques à harmoniser leurs prévisions et leurs décisions d'utilisation de l'espace. Le nouvel article L 110-1 du code de l'environnement va plus loin, en identifiant les sols, dans leur globalité, comme contribuant directement au patrimoine commun de la nation.

1.2.1. Un écosystème complexe et méconnu, mais indispensable et fragile

Le sol est un milieu constitué de l'association de particules minérales, de matières organiques, d'eau, d'air et d'organismes vivants, en interface avec la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère. Au même titre que l'eau et l'air, sa qualité et ses caractéristiques sont susceptibles d'avoir un impact sur l'homme et l'environnement.



*Figure 1 : Le sol : interface vis-à-vis des autres compartiments environnementaux
(source : Infosol Inra Orléans)*

Le sol assure de nombreuses fonctions écologiques, indispensables au fonctionnement de l'environnement et aux organismes vivants. Il est le support physique stable pour les activités humaines, la végétation terrestre et un habitat (physique, chimique, biologique) pour la faune et la microflore ; il stocke, recycle et transforme des éléments nutritifs et de la matière organique ; il régule des phytopathogènes et des zoo-pathogènes ; il régule les flux d'eau et assure un filtrage ; il assure un rôle de tampon vis-à-vis du transfert des contaminants vers les plantes et les animaux ; il régule la température globale, le régime des précipitations et la composition chimique de l'atmosphère ; il contribue à la régulation du climat.

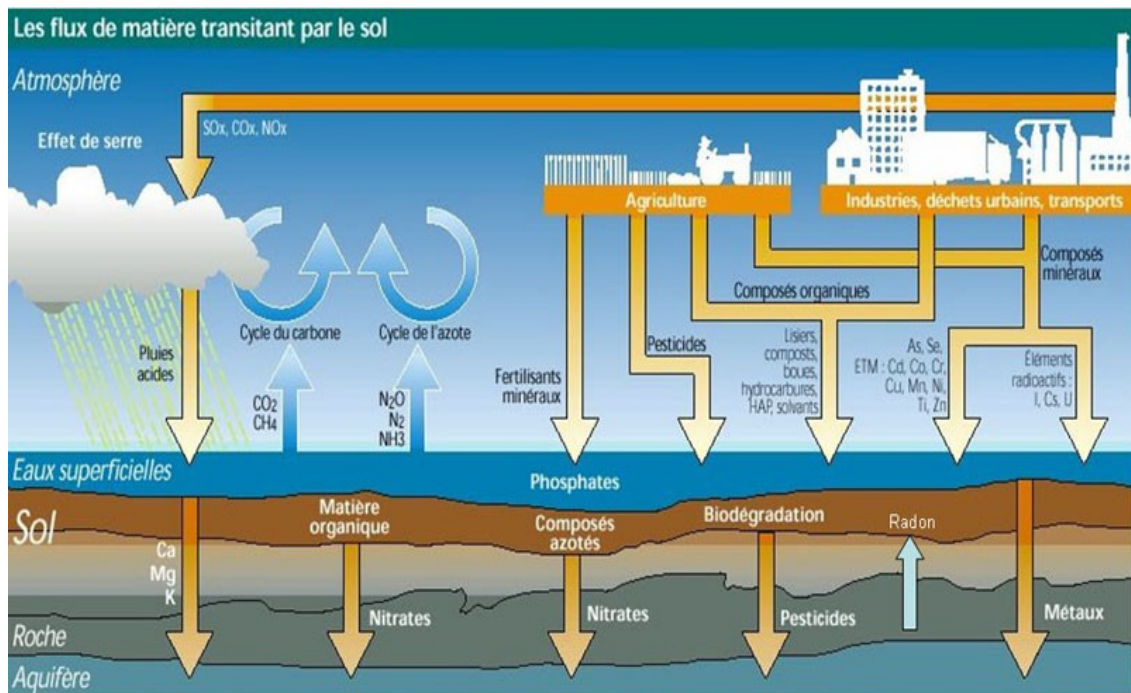


Figure 2 : Les flux de matière transitant par le sol (source : SOeS, d'après Robert M., 1996)

En s'inspirant de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire⁶, les services rendus par les sols à l'homme peuvent être classés en plusieurs catégories :

- les services d'approvisionnement ou de support aux activités humaines : production de denrées alimentaires, de bois et autres biomatériaux ou bioénergies, réservoir de gènes et de ressources minérales, support physique pour les habitations et les infrastructures, etc.
- les services de régulation⁷ : régulation du cycle de l'eau, épuration des eaux de ruissellement et des eaux usées domestiques (assainissement non collectif), recyclage de déchets, contrôle de l'érosion, atténuation du changement climatique (stockage de carbone⁸) et adaptation (prévention des inondations, lutte contre les îlots de chaleur), etc.
- les services d'auto entretien (fonctionnement des écosystèmes) : la formation des sols, le rôle dans les cycles bio-géo-écologiques dont le cycle du carbone, celui de l'azote⁹, etc.

⁶ Millenium Ecosystems Assessment (*Évaluation des écosystèmes pour le millénaire*), 2005

⁷ Même si parfois les sols peuvent générer des risques (exemple de l'aléa du retrait ou gonflement des argiles)

⁸ Le rapport sur l'état des sols de France de 2011 évalue à 3 milliards de tonnes les stocks de carbone organique contenus dans la couche superficielle (0-30cm) des sols métropolitains. Ce carbone organique provient de la biodégradation des végétaux (qui avaient absorbé du CO_2 par photosynthèse) par des microorganismes.

⁹ Lors du cycle de l'azote peuvent se produire dans les sols des nitrifications ou des dénitrifications dont un sous-produit peut être le N_2O , un gaz à effet de serre. Ces processus dépendent aussi du pH.

- les services culturels qui concourent également au support des activités humaines : paysages, activités récréatives ou pédagogiques, vestiges archéologiques d'occupations et de civilisations, etc.

Le schéma ci-dessous présente les relations entre le sol, vu comme un capital naturel, et les services écosystémiques qu'il fournit en réponse aux besoins humains :

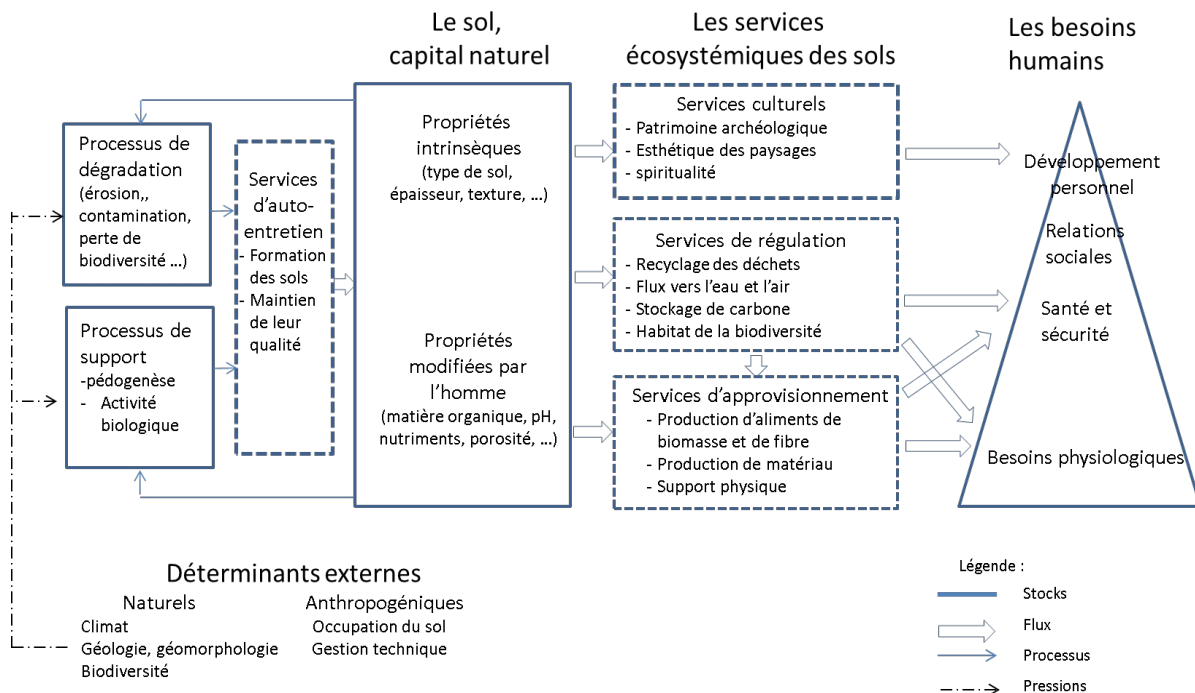


Figure 3 : Schéma adapté de Dominati et al., 2010 (source : Claire Chenu)

La capacité d'un sol à assumer les différentes fonctions et services dépend de caractéristiques intrinsèques, difficiles à modifier, et de caractéristiques variables dans le temps sur lesquelles la gestion a une influence. Les caractéristiques d'un sol qui peuvent être altérées ou restaurées sont principalement sa teneur en matière organique, sa biodiversité et l'activité de ses organismes vivants, sa porosité et sa structure, son pH, sa teneur en nutriments.

Si le sol est partout, il est aussi souvent « nulle part » dans la mesure où il est « caché » par les infrastructures qu'il supporte, les cultures ou les forêts qui le recouvrent. Le milieu sol et son rôle restent ainsi largement méconnus. De ce fait, les enjeux liés au bon état des sols bénéficient d'une perception moindre que ceux liés à la protection de l'eau et de l'air.

1.2.2. Les pressions sur les sols, comme autant de menaces sur leurs fonctions et les services qu'ils rendent

L'état du sol, et donc sa capacité à assurer ses fonctions et à rendre des services, peut être dégradé relativement rapidement alors que ses processus de formation ou de régénération sont beaucoup plus lents.

Les sols sont soumis à des pressions anthropiques ou naturelles qui génèrent des atteintes, plus ou moins réversibles, aux fonctions des sols et aux échanges effectués avec les autres milieux. Ces pressions conduisent à deux types de menaces : les atteintes au sol « physique », telles que l'érosion ou l'imperméabilisation, et les atteintes aux fonctions et services, telles que la contamination qui peut menacer la fonction d'habitat ou le service de production.

La progression des zones urbanisées et des infrastructures qui modifient le sol « physique », altère les fonctions d'épuration des eaux, de support de biodiversité et de biomasse des sols. Les pollutions reçues par les sols peuvent se transmettre dans l'ensemble des écosystèmes et la chaîne alimentaire. Certaines pratiques culturelles peuvent favoriser les dégradations physiques des sols comme l'érosion ou le tassement. De plus, certains phénomènes de dégradation pourraient être accentués par le dérèglement climatique.

Huit menaces principales pèsent sur les sols de l'Union européenne :

- l'érosion, principalement provoquée par l'eau, ainsi que, dans une moindre mesure, par le vent, dégrade les couches superficielles et se traduit par une perte de sol ;
- l'imperméabilisation, essentiellement due à l'extension urbaine et aux infrastructures de communication, ne permet plus au sol d'assurer ses fonctions ;
- les contaminations, locales ou diffuses par les micropolluants organiques (pesticides, hydrocarbures....) et les éléments traces métalliques (Pb, Cd, Zn, Cu...) ;
- la diminution des teneurs en matières organiques ;
- la réduction de la biodiversité des sols, constituée de la micro, méso et macrofaune, et de la microflore (bactéries, champignons, algues) ;
- le tassement qui altère la structure du sol et l'enracinement des végétaux. ;
- la salinisation ;
- les inondations et les glissements de terrain.

La sensibilité des sols à ces menaces varie avec leurs caractéristiques intrinsèques¹⁰ les conditions naturelles, notamment climatiques, ainsi que les pratiques de gestion qui peuvent renforcer ou au contraire atténuer cette sensibilité. Les interactions sont fortes : lorsque certaines de ces menaces affectent les sols, elles peuvent également renforcer leur sensibilité aux autres menaces.

¹⁰ Ainsi les sols limoneux sont plus sensibles à l'érosion, au tassement et à la perte de matière organique que les sols avec un fort taux d'argile.

En Europe, les processus de dégradation des sols et leur gravité varient d'un État membre à l'autre. L'érosion par l'eau affecterait 12 % environ de la superficie totale des terres¹¹ ; 45 % des sols européens auraient une faible teneur en matières organiques ; environ le quart du territoire européen serait sensible aux glissements de terrain ; 3,5 millions de sites seraient potentiellement contaminés. L'utilisation des terres connaît de profondes modifications avec une augmentation sensible des zones urbaines, ce qui a une incidence sur les sols et leur artificialisation. S'y ajoutent la diminution de la biodiversité, le tassement, la salinisation et la désertification.

La connaissance des relations de causalité entre les pressions engendrées par les activités humaines et leurs impacts sur les sols permet de définir des mesures (les réponses) pour agir sur les pressions et les forces motrices qui les déterminent.

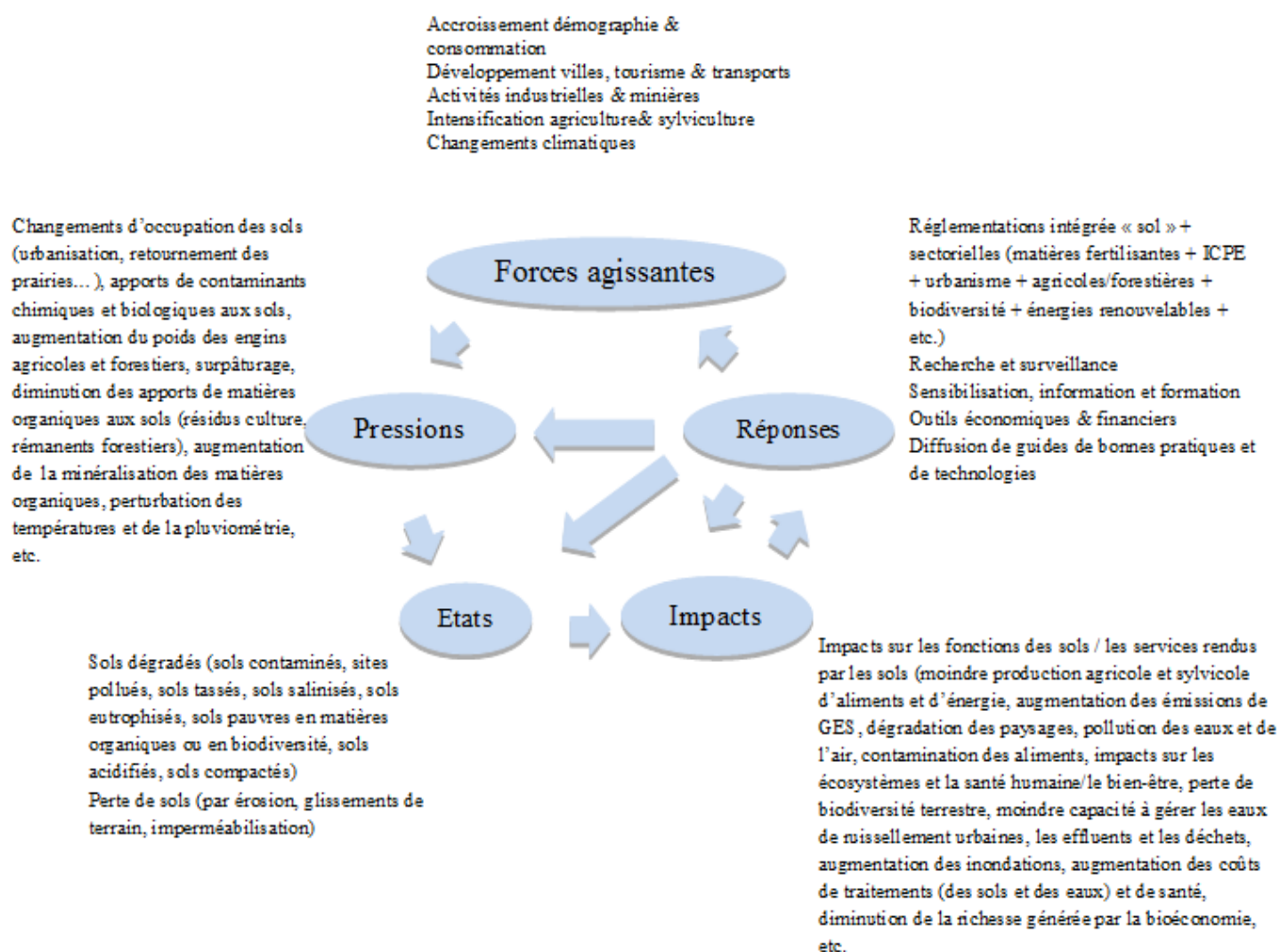


Figure 4 : Le modèle forces motrices-pressions-états-impacts-réponses appliqué à la gestion des sols (source : I. Feix)

¹¹ Environ 4 % des sols européens subiraient l'érosion éolienne.

1.3. Une lente prise en compte des sols dans les politiques internationales, européennes et nationales

La mission n'a pas été en mesure de réaliser un inventaire exhaustif de la prise en compte des sols dans les différentes politiques qui peuvent les concerner à l'échelle internationale, au sein de l'Union européenne et, *a fortiori*, dans d'autres pays. Afin d'apporter un éclairage pour relativiser la situation française, elle fournit néanmoins ci-après des repères qui montrent les difficultés rencontrées pour faire du sol un objet identifié dans les politiques publiques.

1.3.1. La dégradation des sols émerge à l'agenda international

La politique mondiale des sols est partielle, insuffisamment affirmée et peu visible même s'il existe dorénavant une journée mondiale des sols, le 5 décembre de chaque année.

La Charte mondiale des sols¹² adoptée sous l'égide de la FAO, le 26 novembre 1981, affirme que le sol est une ressource limitée, finie, appelant une protection spécifique suffisamment incitative ou contraignante pour assurer la conservation effective de cet élément naturel qui est qualifié de « *l'un des biens les plus précieux de l'humanité* ». Cette prise de conscience est cependant dépourvue d'effet contraignant et son efficacité est relative.

De la même façon, ni les chapitres 10 à 14 de l'Agenda 21 de la Conférence de Rio (1992) qui promeuvent l'utilisation durable des sols, ni la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification du 17 juin 1994 qui considère l'érosion des sols causée par le vent et/ou l'eau comme une source de dégradation des terres, n'ont produit les effets souhaités. Cette dernière est la seule convention internationale directement dédiée aux sols, mais elle ne concerne que la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines.

Il convient également de relever l'existence d'autres conventions dont le champ d'application territorial est limité, à l'instar de la Convention alpine du 7 novembre 1991, complétée par cinq protocoles dont ceux relatifs à l'« agriculture de montagne » et à la « protection des sols », adoptés respectivement en 1994 et 1998, aux termes desquels les parties contractantes prennent des engagements sur la protection et la gestion des sols. Cette convention est considérée comme un texte d'avant garde en droit de l'environnement.

Il a toutefois fallu attendre la convention sur le développement durable de Rio+20 en 2012 pour voir réaffirmée au niveau mondial la volonté de lutter contre la dégradation des sols. L'article 206 de la déclaration finale identifie en effet un objectif consistant à « *créer un monde où la dégradation des sols n'est plus un problème* ».

Sur un plan opérationnel, l'initiative la plus récente s'inscrivant dans le cadre de cette convention a été prise en septembre 2013 par la FAO qui a lancé le « Partenariat mondial pour les sols pour la sécurité alimentaire et l'adaptation au changement climatique et l'atténuation de ses effets ». Elle consiste à rassembler sur la base du

¹² La charte mondiale sur les sols a été amendée par l'assemblée plénière du Partenariat mondial sur les sols puis adoptée le 15 juin 2015 lors de la 39^e conférence de la FAO.

volontariat des États, des agences et programmes des Nations Unies, l'OCDE et des organisations internationales, professionnelles et non gouvernementales, afin de développer des synergies entre les diverses initiatives sur les sols et à élaborer de nouvelles initiatives. Parmi les domaines d'études et de réalisations susceptibles de bénéficier de ce Partenariat, figurent notamment : les systèmes de production durable prometteurs, les services écosystémiques découlant spécifiquement de la santé du sol et des systèmes de production durable, les technologies et pratiques de gestion améliorées pour accroître la productivité des sols et la sécurité alimentaire, des directives et des normes sur la santé et la gestion des sols, la mobilisation de ressources au titre des mécanismes de financement novateurs en faveur des sols. Le Partenariat est conseillé par un panel international de 27 experts proposés par les pays, sur le modèle du GIEC pour le climat. Basé sur le volontariat, ce dispositif reste fragile faute de financements et les enjeux qui ne sont pas liés à l'agriculture et à l'alimentation sont peu portés.

Le sommet de Rio de 2012 a conduit en outre à la création d'un groupe de travail ouvert chargé de proposer un ensemble d'objectifs de développement durable (ODD) qui seront soumis à l'approbation de l'Assemblée générale des Nations Unies en septembre 2015. Parmi les 16 objectifs thématiques mentionnés dans le rapport du groupe de travail de juillet 2014, figure un objectif n°15 « protéger, restaurer et promouvoir l'usage durable des écosystèmes terrestres, la gestion durable des forêts, combattre la désertification, faire cesser la dégradation des terres et la perte de biodiversité ». Parmi les neuf cibles associées à cet objectif, cinq portent sur la biodiversité et trois sur les écosystèmes forestiers, aquatiques et montagnards. La cible 15-3 vise à combattre d'ici 2020 la désertification et à restaurer les terres et sols dégradés, notamment ceux affectés par la désertification, les sécheresses et les inondations, et à s'efforcer de parvenir à un monde qui ne dégrade plus les terres.

Si les sols trouvent ainsi une petite place qui reste à confirmer dans la liste définitive des ODD, ils ne disposent pas encore d'un objectif propre qui couvrirait l'ensemble de leurs fonctions et services.

L'adoption probable de l'ODD 15-3 inscrira la question de la dégradation des sols à l'agenda international¹³. Cela pourrait inciter à envisager un élargissement du champ de la convention des Nations Unies sur la désertification à la dégradation des sols en général, ce qui poserait la question d'une déclaration de la France comme partie concernée avec les conséquences associées¹⁴. Dans tous les cas, la France aura des obligations de rapportage qui dépendront notamment des indicateurs associés à l'ODD qui restent à définir.

1.3.2. Les politiques de l'Union européenne

Les sols constituent une préoccupation ancienne de l'Union européenne, mais ils ne sont explicitement considérés en tant que tels que depuis le début des années 2000. À défaut de directive rejetée par plusieurs pays, les sols font l'objet d'orientations non contraignantes. Ils sont pris en considération de manière souvent indirecte dans de nombreuses politiques communautaires.

¹³ Si l'objectif de « *monde neutre en dégradation des terres* » semble faire consensus, ni son contenu ni son périmètre – régional, national ou mondial – ne sont clairement précisés à ce jour.

¹⁴ Si la France est membre de la convention, elle ne s'est pas déclarée comme pays affecté par la désertification, et n'a donc pas à définir une stratégie nationale à ce titre, ni à mettre en œuvre un programme d'action national faisant l'objet d'un rapportage régulier auprès du secrétariat de la convention.

1.3.2.1. Le rôle précurseur du Conseil de l'Europe

En mai 1972, une résolution du Conseil de l'Europe [(72)19] dite « Charte européenne des sols » insistait sur le fait que le sol est un « bien fini, précieux pour l'humanité et qui se détruit facilement », qu'il convient de le protéger contre différentes menaces comme l'érosion, la contamination, l'urbanisation. Cette déclaration non contraignante invitait les États membres à mettre en place une politique de conservation des sols. Ce texte revêtait un caractère novateur dans la mesure où il qualifiait le sol non seulement comme une ressource mais aussi comme un « milieu vivant et dynamique ».

Néanmoins, cette vision pionnière n'a guère été reprise au cours des décennies suivantes.

Une trentaine d'années plus tard, se référant notamment à l'action de la Communauté européenne, le comité des ministres du Conseil de l'Europe adoptait, le 28 mai 2003, une « Charte européenne révisée sur la protection et la gestion durable des sols ». Non contraignante juridiquement, cette nouvelle version plus développée de la charte de 1972, décrit les dégradations du sol et leurs effets. Elle affirme des principes fondamentaux de protection et de gestion durable, notamment : le sol est un patrimoine commun et sa protection est d'intérêt général, une politique de protection des sols devrait être mise en place par les États, la protection des sols devrait être prise systématiquement en compte dans toutes les autres politiques.

1.3.2.2. La stratégie communautaire de protection des sols

À l'échelon de la communauté européenne, les questions liées au sol ont eu des difficultés à émerger, en partie en raison de l'absence de compétence claire de l'Union en ce domaine. En effet, l'article 345 du traité fondateur de l'Union européenne (TFUE) exclut de la compétence de l'UE « le régime de la propriété » dans les États membres, c'est-à-dire l'ensemble des règles concernant le sol en tant que support foncier. En revanche, la pollution des sols, sa prévention et son traitement entrent dans les compétences de l'UE sur le fondement des articles 191 à 193 du TFUE, qui prévoient un « niveau de protection élevé » de l'environnement (art. 191-2), et ces dispositions se sont traduites par des textes de droit dérivé, qui sont toutes des directives.

Si l'eau et l'air ont fait l'objet de directives assez précoces (en 1975 pour l'eau, en 1980 pour l'air), la protection des sols ne fait l'objet d'aucune préoccupation communautaire en tant que telle avant 2002.

En 2002, une communication de la Commission européenne intitulée « Vers une stratégie thématique pour la protection des sols » (COM 2002, 179) reprend, accentue et précise ces mêmes messages. Cette communication a permis la reconnaissance politique de l'enjeu des sols. Elle a été le point de départ d'une large consultation des parties intéressées, en réunissant, à partir de février 2003, 400 experts qui ont produit des rapports sur l'état des sols en Europe (surveillance, recherche, matière organique et biodiversité, contamination, érosion) et qui ont formulé des recommandations pour prévenir et restaurer leurs dégradations. La consultation a été ensuite élargie au grand public *via* une enquête¹⁵ lancée en 2005 sur internet, qui a fait ressortir la contamination et l'érosion comme les menaces principales perçues au niveau européen. Cette réflexion a abouti, le 22 septembre 2006, à la publication d'une communication de la Commission intitulée « Stratégie thématique en faveur de la

¹⁵ 1206 citoyens ont répondu dont 42,7 % de France et 13,3 % d'Allemagne, ainsi que 377 experts et 287 organisations (les plus nombreux venant d'Allemagne, de France et d'Autriche).

protection des sols » (COM 2006, 231), mais également à une proposition de Directive cadre sur les sols (COM 2006, 232) le 30 décembre 2006.

Figurant parmi les sept stratégies thématiques prévues par le sixième programme d'action pour l'environnement adopté en 2002, celle sur les sols proposait des mesures destinées à les protéger et à préserver leur capacité à remplir leurs fonctions écologiques, économiques et sociales. Selon les propos de la commissaire à l'environnement, il s'agissait de « placer désormais la protection des sols au même rang que la protection de l'eau et de l'air ». Dépourvue de portée juridique, la stratégie communautaire poursuivait quatre objectifs : établir une législation cadre sur la protection et l'utilisation durable des sols ; intégrer la protection des sols dans la formulation et la mise en œuvre des politiques nationales et communautaires ; renforcer les travaux de recherche dans certains domaines de la protection des sols, soutenus par les programmes de recherche communautaires et nationaux ; sensibiliser et informer le public sur la nécessité de protéger les sols.

Dans son rapport du 13 février 2012 relatif à la mise en œuvre de la stratégie (COM 2012, 46 final), la Commission européenne déplore que « les connaissances concernant le statut et la qualité des sols restent fragmentées et que la protection des sols n'est pas assurée d'une manière efficace et cohérente dans tous les États membres ». Elle rappelle les actions qu'elle a entreprises « conformément à la stratégie » : initiatives de sensibilisation, avec notamment la « formation pour les jeunes chercheurs » et l'« intégration des aspects liés aux sols et à leur protection dans les actions d'information et de formation financées par l'UE » ; soutien de projets de recherche (domaines des glissements de terrain, de l'imperméabilisation des sols, des fonctions des sols et de leur lien avec la biodiversité, des cycles du carbone et de l'azote des sols) ; projet de mise en place d'une surveillance harmonisée des sols via des analyses régulières par télédétection ; meilleure intégration de la protection des sols dans les différentes politiques, dans le cadre d'un partenariat européen d'innovation pour la productivité et le développement durable de l'agriculture qui met l'accent sur l'utilisation efficace des ressources et l'utilisation durable des sols agricoles.

Ce bilan d'étape révèle un constat d'échec, faute de pouvoir développer une politique plus ambitieuse appuyée sur un cadre législatif contraignant. Un bilan de cette stratégie devrait être établi en 2015 en vue de sa révision.

1.3.2.3. Un projet de directive sur les sols qui n'a pas abouti

Afin d'établir la législation prévue par la stratégie précitée, la Commission a élaboré un projet de directive définissant un cadre pour la protection des sols qui prévoyait des mesures visant à identifier les problèmes, à prévenir la dégradation des sols et à remettre en état les sols pollués ou dégradés.

Les États membres auraient été tenus de recenser, sur la base de critères définis dans la proposition, les zones dans lesquelles il existe un risque d'érosion, de diminution des teneurs en matières organiques, de tassement, de salinisation ou de glissement de terrain, ou dans lesquelles un de ces processus de dégradation s'est réalisé. Ils devaient ensuite fixer des objectifs et adopter des programmes de mesures appropriés afin de réduire les risques recensés et de lutter contre leurs conséquences. Ils devaient également prévoir des mesures permettant de limiter l'imperméabilisation des sols, notamment en réhabilitant les sites désaffectés, ou, lorsque l'imperméabilisation est nécessaire, en atténuer les effets.

Le projet de directive prévoyait en outre que les États membres prennent les mesures adéquates pour éviter la contamination des sols par des substances dangereuses¹⁶. Ils devaient dresser dans un délai de 5 ans un inventaire des sites pollués par de telles substances, ainsi que des sites sur lesquels certaines activités se sont déroulées dans le passé (décharges, aéroports, ports, sites militaires, etc.). Cet inventaire était basé sur la pollution intrinsèque et non sur l'évaluation du risque.

Ensuite, les États devaient procéder à l'assainissement des sites pollués afin « d'éliminer, maîtriser, confiner ou réduire les contaminants de manière que le site contaminé, compte tenu de son utilisation effective et de son utilisation future autorisée, ne représente plus un risque sérieux pour la santé humaine ou pour l'environnement » (article 13). Ils devaient également prévoir le financement approprié pour remettre le site en état lorsqu'il n'est pas possible de faire supporter le coût à la personne responsable.

Par ailleurs les États membres et les institutions communautaires devaient intégrer les préoccupations relatives aux sols dans les politiques sectorielles susceptibles d'avoir une influence importante sur les sols, en particulier l'agriculture, le développement régional, les transports et la recherche.

Adopté en première lecture par le Parlement européen en novembre 2007, le projet de directive-cadre a été bloquée par le Conseil environnement du 20 décembre 2007, avec un vote négatif de quatre pays (Allemagne, Autriche, Grande-Bretagne, Pays-Bas) et une abstention de la France.

Les discussions se sont poursuivies en 2008 et 2009, notamment sous présidence française puis tchèque. Une proposition soumise en mars 2010 sous présidence espagnole à partir d'un texte préparé en 2007 par la présidence portugaise rencontre de nouveau l'opposition de 6 États membres, 4 étant hésitants. Une proposition alternative consensuelle préparée ensuite dans le cadre du Common Forum¹⁷ et laissant la liberté aux États de cibler les sites à diagnostiquer n'a pas été retenue par la Commission.

Au cours de ces années de tractations, certains pays (Allemagne, Autriche, Pays-Bas) ont constamment considéré que le principe de subsidiarité devait primer. Tout en étant favorable au principe de la proposition de directive, la France a principalement bloqué sur l'obligation d'inventaire des sites pollués, de diagnostic et de dépollution qui aurait pu concerner environ 300 000 sites. Le seul coût des diagnostics a été évalué à 3 milliards d'euros.

1.3.2.4. De nouvelles initiatives de la Commission

Face au blocage du projet de directive, la Commission a essayé d'insérer des mentions issues de ce projet dans des textes connexes. Les États membres constituant la minorité de blocage ont demandé et obtenu systématiquement le retrait des éléments relatifs aux sols, tant en durcissement, qu'en adoucissement.

¹⁶ Ces substances sont celles définies à l'article 3 du règlement (CE) n° 1272/2008 (67) et ce sont les mêmes qui font l'objet du « rapport de base » prévu par la directive IPPC3 pour dissocier pollutions anciennes et pollutions nouvelles du sol et des eaux souterraines qui y sont présentes.

¹⁷ Cette proposition a été préparée dans le cadre du Common Forum par des experts de pays opposés (Royaume-Uni, Allemagne) et de pays favorables (Finlande, Belgique) au projet de directive. Créé en 1994, le Common Forum est un réseau informel qui rassemble des experts des ministères et agences en charge des sols pollués et de leur régénération de 16 États membres de l'UE, ainsi que de Suisse et de Norvège.

La « Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources », adoptée le 20 septembre 2009, affiche plusieurs objectifs concernant les sols : d'ici 2020, les politiques de l'UE tiendront compte de leur incidence directe et indirecte sur l'utilisation des sols dans l'UE et ailleurs dans le monde, l'Union sera en bonne voie pour atteindre l'objectif consistant à supprimer d'ici à 2050 toute augmentation nette de la surface de terres occupées, l'érosion des sols aura été réduite et leur teneur en matières organiques aura augmenté, les travaux d'assainissement des sites contaminés auront bien progressé. Pour ce qui relève des États, la feuille de route mentionne notamment que ceux-ci devraient établir, d'ici à 2015, un inventaire des sites contaminés et un calendrier pour les travaux d'assainissement, ce qui correspondait précisément à l'objectif du projet de directive de 2006.

Le Centre commun de recherche de la Commission européenne a publié en février 2012 un état des sols en Europe, après que l'Agence européenne de l'environnement ait produit en 2011 la partie consacrée aux sols dans son ouvrage sur l'état de l'environnement. Ces documents montrent que la dégradation des sols se poursuit en Europe.

Le 7e Programme d'Action pour l'Environnement (PAE) pour la période de 2013 à 2020 prévoit notamment de réfléchir de façon large aux outils pour protéger les sols, en particulier contraignants, sans pour autant qu'ils soient nouveaux. Il a notamment pour objectif de mettre un terme d'ici à 2050 à l'augmentation nette de la surface de terres occupées conformément à l'objectif « zéro dégradation nette des terres » adopté en 2012 à Rio. Il retient la définition et l'adoption de cibles réalistes et proportionnées sur la gestion durable du sol et des terres. Il annonce une communication sur les terres en 2015.

En conséquence, la DG ENV a définitivement retiré en mai 2014 le projet de directive-cadre et a engagé deux initiatives menées en parallèle qui correspondent à des objectifs politiques et à des calendriers différents.

Dans un premier temps, les services de la Commission ont initié la préparation d'une communication sur le thème « Land as a resource » considérée comme devant être l'élément déclencheur pour ouvrir un agenda politique collectif non contraignant. Initialement prévu pour 2015, le degré de priorité de ce texte reste à préciser par la nouvelle Commission.

Pour nourrir la réflexion, la DG ENV a lancé un exercice de recensement des législations et des initiatives nationales pour mieux utiliser l'existant et identifier les besoins communautaires complémentaires sur la question des sols. L'enquête menée par un bureau d'études¹⁸ auprès des États membres a surtout porté sur les changements d'usage des sols, la réhabilitation des sites dégradés et la dégradation des sols. Une étude complémentaire est également menée sur les mesures de protection des sols agricoles figurant dans les plans régionaux de développement rural (PDRR) notifiés à la Commission. Une cartographie des services écosystémiques liés aux sols va également être lancée sur la base d'une méthodologie commune avec des États pilotes susceptible d'être utilisée ensuite à l'échelle communautaire. Plus généralement, la Commission souhaite développer des outils pour objectiver et raisonner les décisions en matière d'utilisation des sols. Enfin, une conférence a été organisée le 19 juin 2014 à Bruxelles sur le thème « Land as a resource ».

¹⁸ Ce travail a été confié au bureau d'études Bio by Deloitte (Centre for Innovation and Excellence in Sustainability Services at Deloitte).

Dans un second temps, une nouvelle initiative pourrait être envisagée pour proposer un futur texte législatif dédié aux sols, selon les besoins identifiés lors de l'examen de l'existant national et communautaire. Une éventuelle proposition législative ne pourrait cependant intervenir au plus tôt qu'au cours de la seconde partie du mandat de la Commission actuelle, soit après 2018.

Selon les premières indications de la DG ENV, le nouveau projet législatif aurait un caractère principalement stratégique, peu procédural, et il pourrait se concentrer sur les processus les plus importants de dégradation des sols. Les objectifs de réduction des risques pour chaque processus de dégradation pourraient être établis au niveau européen, alors que l'élaboration de la méthodologie pour la réduction de la dégradation des sols pourrait relever de la responsabilité des États membres. La possible adoption d'objectifs de recyclage foncier pourrait être un moteur important pour la réhabilitation ou la réutilisation des friches et par conséquent pour la dépollution des sites les plus pollués. De cette manière, la législation européenne traiterait de la pollution des sols, sans prescrire de méthodologie d'identification et en laissant les États membres libres d'établir leurs propres priorités. La directive porterait particulièrement sur les aspects biologiques de la dégradation des sols et sur les services écosystémiques fournis par les sols. L'artificialisation des sols, qui a le plus gros impact sur les services écosystémiques fournis par les sols, pourrait constituer un sujet prioritaire. Une surveillance obligatoire pourrait être envisagée.

1.3.2.5. De nombreuses politiques communautaires concernent néanmoins les sols

Si le sol ne fait pas l'objet d'une politique dédiée à l'échelon communautaire, ni même de mesures directes de protection à l'exception de cas très spécifiques¹⁹, de nombreuses dispositions communautaires traitent de la protection, de l'occupation ou de l'affectation des sols, de manière souvent indirecte au travers de textes dont la vocation principale est toute autre.

Sans être exhaustif, il est possible de citer en particulier :

- la directive 96/61/CE du 24 septembre 1996 relative à la prévention et à la réduction intégrée de la pollution, dite « IPPC », vise à dépasser l'approche sectorielle concernant chacune des trois ressources fondamentales que sont l'air, l'eau et le sol pour impulser des réglementations nationales tendant à prévenir les transferts de pollutions entre elles, et à fixer des objectifs de qualité du milieu pour chacun des trois milieux récepteurs, le sol étant quelque peu « à la traîne »²⁰. Elle a été refondue substantiellement par la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles (« IED ») qui exige notamment la réalisation d'un « rapport de base » déterminant l'état des sols et la contamination des eaux souterraines avant la délivrance de l'autorisation administrative d'exploitation d'une ICPE (ou à la mise en conformité IED). Ces directives considèrent le sol comme un vecteur potentiel de transferts de

¹⁹ La directive Habitat de 1992 prévoit la protection d'habitats remarquables liés aux sols (ex : tourbières, pelouses calcaires).

²⁰ S'agissant des sols, les objectifs de qualité du milieu (OQM) n'existent que de façon sectorielle (substances) ou territorialement limitées (surfaces épandables, sites industriels...), au titre des deux dispositifs IPPC et « épandage des boues urbaines ». Le sol étant davantage un milieu qu'une ressource, la fixation éventuelle d'OQM généraux pour les sols dans leur diversité biotique est peu réaliste en pratique.

pollutions vers les eaux, et se préoccupent par ailleurs de limiter la pollution de l'air par les installations classées émettant des effluents gazeux et des particules, source potentielle de contamination des sols parfois à très longue distance. Les installations d'une certaine importance, soumises à IED, ont l'obligation d'une remise en état des sols conforme à l'état décrit dans le rapport de base à leur cessation d'activité.

- la directive sur la responsabilité environnementale 2004/35/CE du 21 avril 2004 concerne la prévention et la réparation de « dommages environnementaux », parmi lesquels la « contamination des sols résultant de l'introduction directe ou indirecte, en surface ou dans le sol, de substances, préparations, organismes ou micro-organismes », lorsque cette contamination crée un « risque d'atteinte grave à la santé humaine ». La même disposition classe encore parmi les dommages environnementaux l'atteinte aux « fonctions assurées par les sols, les eaux et les espèces », le sol étant ici protégé sous un angle systémique.
- les directives pour la protection de l'eau orientent les acteurs vers des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement en général en limitant par exemple les flux de contaminants apportés via les effluents d'élevage, les produits phytosanitaires et les matières fertilisantes sur les sols.
- les règlements et directives limitant la teneur en éléments en traces dans l'alimentation animale (et donc dans les lisiers/fumiers) et dans les boues de stations d'épuration permettent de réduire la contamination diffuse des sols par ces intrants²¹ ;
- la directive « Habitats, faune, flore » qui, dans l'objectif de maintenir dans un état de conservation favorable des habitats d'intérêt communautaire, permet de désigner en zones spéciales de conservation des milieux dont le sol conditionne les caractéristiques ;
- les trois directives Seveso réglementent l'occupation des sols pour garantir la sécurité des personnes en instaurant des servitudes péri-industrielles destinées à limiter l'occupation des sols autour de l'installation (Seveso 1) puis en imposant la maîtrise de l'urbanisation dans les zones situées à proximité des établissements couverts par la directive (Seveso 2) ; la directive Seveso 3 venant confirmer les obligations des précédentes directives ;
- plusieurs directives concernant la prévention des atteintes à l'environnement en général intéressent les sols en particulier : la directive n°2011/92/UE concernant l'évaluation des incidences de certains projets sur l'environnement²² et la directive n°2001/42/CE relative aux études d'impact pour l'évaluation des incidences de certains plans et programmes sur l'environnement ;

²¹ La directive 86/278/CEE du 12 juin 1986 relative à la protection de l'environnement et notamment des sols pour l'utilisation des boues d'épuration en agriculture aborde le sol en tant que vecteur potentiel de transfert de pollution vers les eaux mais surtout en tant que vecteur de contaminants (métaux lourds notamment) vers la chaîne alimentaire humaine et animale ; cette directive fait le choix de fixer des objectifs de qualité du milieu (OQM) pour le sol, comme les autres directives le font pour l'eau ou l'air, mais aussi pour les boues destinées à être épandues comme matières fertilisantes, en tenant compte de l'effet de cumul.

²² Article 4, § 3, annexe III, 2° relative à la prise en compte de l'occupation des sols existants et article 5, § 1, annexe IV, 1° sur les exigences en matière d'utilisation du sol lors des phases de construction et de fonctionnement.

- le contrôle de certains contaminants, grâce notamment à des réglementations visant à protéger l'ensemble de l'environnement comme REACH²³, permet également d'agir sur les sols ;
- la directive 2009/28/CE du 23 avril 2009 sur la promotion des sources d'énergie renouvelables (annexe V, partie C, point 10) a débouché sur une décision 2010/335/UE du 10 juin 2010 pour établir des lignes directrices pour le calcul au niveau de chaque État membre du carbone organique dans les sols, face à la perspective de leur changement d'affectation agricole ou forestière par artificialisation ;
- les mesures dites de verdissement²⁴ du premier pilier (droit au paiement unique) des nouveaux règlements de la politique agricole commune 2014/2020, désormais généralisées à l'ensemble du territoire européen et définies par la Commission européenne dans l'objectif d'améliorer la résilience des sols et des écosystèmes, prévoient dorénavant un paiement « vert » complémentaire au paiement de base réservé aux pratiques bénéfiques pour l'environnement et le climat. Ces pratiques sont définies selon trois critères obligatoires, que sont : i) la diversification des cultures ; ii) le maintien des prairies permanentes et iii) la préservation de surfaces d'intérêt écologique. De même certaines aides du 2e pilier, à travers les mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC), bien que ne visant pas directement la protection des sols, incitent à des pratiques culturales favorables à leur préservation, ou au maintien de systèmes de polyculture-élevage.

1.3.3. Des politiques nationales disparates au sein de l'Europe

Si la mission n'a pas pu se livrer à un exercice de parangonnage des politiques applicables aux sols dans les différents pays européens, du fait d'une documentation de synthèse disponible en anglais très limitée, les éléments mentionnés ci-après permettent toutefois d'éclairer certains aspects du sujet à traiter.

1.3.3.1. Des initiatives diversifiées dans de nombreux pays européens

La plupart des pays européens ont mis en place différents types d'instruments politiques visant à la protection des sols. Cependant, seuls certains États sont dotés d'une législation spécifique pour la protection des sols, qui ne couvre le plus souvent qu'une partie des enjeux liés à la gestion des sols (contamination, imperméabilisation, érosion...).

Quelques exemples dont la mission a pu avoir connaissance sont cités ci-après à propos de deux enjeux considérés comme prioritaires pour les sols européens.

²³ REACH pour Registraire - Evaluation - Authorisation – Chemicals, entrée en vigueur en 2007, qui enregistre et évalue l'ensemble des substances en vue de substituer les plus dangereuses par d'autres moins nocives.

²⁴ Si le verdissement de la PAC 2014-2020 vise à améliorer la performance environnementale de l'agriculture en termes de biodiversité, de protection de la ressource en eau et de lutte contre le changement climatique, rien n'est dit explicitement concernant la protection du sol.

- Limiter la consommation des sols et leur artificialisation

De nombreux pays européens affichent une volonté de limiter la consommation d'espaces par l'urbanisation, mais seulement quelques pays se sont fixés des objectifs pour contenir ce développement et l'artificialisation des sols qui en découle. Les objectifs sont généralement indicatifs au niveau national.

Quelques pays comme la Pologne, la Slovaquie²⁵ et la Lettonie disposent de législations nationales pour protéger les meilleurs sols agricoles. Cependant, le plus souvent, la réussite dépend surtout des niveaux territoriaux où sont prises les décisions de planification. L'Allemagne et la Suisse sont de bons exemples de mise en application de ces orientations.

En effet, s'il n'existe pas de stratégie fédérale allemande pour les sols dans la mesure où cette compétence relève des Länder, en 2002, la stratégie nationale de développement durable a fixé l'objectif de réduire à 30 hectares d'ici à 2020 la surface de sols agricoles utilisée chaque jour pour l'urbanisation et les infrastructures, au lieu de 130 hectares au cours des années 1997 à 2000. Dix ans plus tard, on en était à 74 hectares par an et les données relatives à la consommation d'espaces par commune sont publiques.

Cet objectif chiffré a constitué un signal politique qui est venu confirmer la loi sur la protection des sols adoptée en 1999 et dont la mise en œuvre est décentralisée. Elle oblige toutes les parties à prévenir les risques, éviter l'imperméabilisation du sol et à prendre des précautions contre les modifications néfastes du sol. De plus, la législation sur la construction a imposé un développement de l'urbanisation dans les zones déjà construites et l'utilisation des friches. Au sein d'un Land, les régions établissent un plan avec des documents graphiques au 1/50 000, qui fixe un objectif de logement à l'hectare²⁶ permettant de calculer les besoins en urbanisation nouvelle selon la démographie. À l'échelle communale, l'équivalent du PLU est établi au 1/10 000 en conformité avec ce plan régional. Certains Länder ont des objectifs plus ambitieux. Ainsi, le conseil du développement durable du Bade-Wurtemberg propose de diviser par quatre le rythme de consommation d'espaces d'ici 2020²⁷ et d'introduire un mécanisme de certificats négociables de droits à construire. De plus, un objectif de réduction de l'imperméabilisation peut être fixé²⁸. Enfin, un marché de certificats sur la consommation de terres est testé depuis 2012 par une centaine de gouvernements locaux.

En Suisse, la loi sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (complétée par une ordonnance du 28 juin 2000) fixe comme objectif de garantir des sources d'approvisionnement suffisantes au pays ce qui a soutenu la protection des terres agricoles. Une loi sur le foncier rural du 4 octobre 1991 contraint fortement les transactions de foncier agricole. À l'échelon fédéral, sont identifiées les meilleures terres agricoles pour assurer l'auto approvisionnement et les surfaces sont réparties par canton puis par commune et identifiées sur le plan d'affectation des sols. Chaque canton élabore un plan directeur cantonal avec une carte au 1/50 000 puis chaque

²⁵ La loi de 2004 sur la protection et l'utilisation des sols agricoles protège les 4 meilleures classes (sur 9) de qualité des sols, les développements urbains devant se faire sur les terres de qualité agricole moindre.

²⁶ 70 logements/ha pour l'inter région Südlicher Oberrhein

²⁷ Ce qui correspond cependant à peine à l'objectif national de réduction à 30 ha/j au lieu de 130 (23%)

²⁸ C'est notamment le cas à Dresde où toute nouvelle urbanisation doit être compensée par des mesures de dés-imperméabilisation pour éviter le paiement d'une taxe. De son côté, Munich s'est fixé un objectif de réduction de 15 % de l'imperméabilisation.

commune établit un plan d'affectation des sols soumis à l'approbation des autorités cantonales.

Une votation a été organisée au niveau fédéral, en 2013, à la demande des citoyens, et a conduit à interdire totalement toute urbanisation nouvelle sur les espaces agricoles jusqu'en 2032. En effet, une étude a montré qu'en mobilisant tous les terrains non construits situés en zone urbaine, la Suisse pourrait maintenir inchangée la zone urbanisée actuelle pendant plus de vingt ans sur la base du rythme actuel d'accroissement de sa population.

Enfin, certains pays (Belgique, Royaume-Uni) ont fixé une limite indicative à l'urbanisation nouvelle qui doit se réaliser pour 60 % sur des terres déjà urbanisées et seulement 40 % en zones rurales.

- Limiter la dégradation des sols

Peu de pays ont fixé des objectifs chiffrés pour contenir la dégradation des sols et lorsque cela a été fait, les cibles restent indicatives. Aucun objectif n'a été développé jusqu'ici sur la multifonctionnalité des sols et les actions menées restent sectorielles. Les objectifs arrêtés sont le plus souvent centrés sur la prévention ou la réduction de l'érosion et de la perte de matière organique avec des mesures parfois non identifiées (Autriche), spécifiques (Estonie, Suède, Royaume-Uni) ou limitées au suivi de la dégradation des terres (Lettonie).

Plusieurs pays ont mis en place des instruments visant à la protection de leurs sols :

- des instruments juridiques qui peuvent viser à ce que les utilisateurs des sols établissent des plans de gestion pour protéger et améliorer la qualité de leurs sols (Autriche²⁹, Royaume-Uni), à ce que les sols agricoles soient gérés de façon plus durable, à travers des mesures touchant entre autres aux rotations culturales et à la réduction du travail du sol (Bulgarie, Croatie, République Tchèque, Allemagne, Pologne, Slovaquie, Slovénie, Espagne) ou encore à ce que la fertilité des sols soit suivie et maintenue (Lettonie) ;
- des instruments économiques sous la forme de subventions accordées pour favoriser la mise en place de mesures destinées à prévenir la dégradation des sols (Belgique³⁰, Danemark), ou pour accompagner des mesures de compensation (Allemagne, Lettonie, Pologne, Slovaquie) ;
- des instruments de procédure comme la mise en place d'un cadre de rapportage national sur les sols (Autriche³¹) ;

²⁹ Selon la loi autrichienne d'amélioration des sols, si des phénomènes érosifs impactant sont constatés, les autorités peuvent demander que les utilisateurs des sols élaborent des plans d'amélioration des sols sur une période fixée. Les mesures qui peuvent être prises dans ces plans recouvrent entre autres la rotation des cultures, l'amélioration de la structure du sol, l'utilisation de machines agricoles moins tassantes, la plantation de haies coupe-vent, l'interdiction de certaines cultures, etc. Ces plans sont flexibles et élaborés par les agriculteurs. Toutefois, ils sont rarement appliqués.

³⁰ Dans les Flandres, un décret sur l'érosion des sols de 2001 permet aux communes d'être subventionnées pour la mise en place de mesures (12,5€/ha + 75 % du coût des mesures), en plus des différentes aides de la PAC mobilisables : couverts intermédiaires (50€/ha), bandes tampons (0,13€/m²), plantation forestière (850€/ha pour des peupliers, 3 700€/ha pour des chênes) et mise en jachère (298 à 424€/ha).

³¹ L'Autriche a élaboré un cadre pour l'évaluation de l'impact des projets de développement sur les sols. Il comprend des éléments sur l'érosion et la perte de matières organiques. Cette évaluation des sols est obligatoire pour obtenir l'autorisation de conduire le projet. Cependant, les lignes directrices étant

- des instruments incitatifs tels la création d'un festival de la protection des sols pour sensibiliser le grand public (Autriche), la mise en place de lignes directrices (Finlande, Allemagne³², Pays-Bas, Pologne) et le lancement de projets de recherche (Danemark, Pays-Bas).

1.3.3.2. Quelques pays disposent d'une stratégie nationale sur les sols

Si la plupart des pays ont élaboré des stratégies sur certains enjeux de la gestion des sols³³, il semble néanmoins que peu de pays disposent d'une stratégie globale. Trois pays au moins disposent de tels cadres : l'Angleterre, l'Écosse et la Suisse.

• La stratégie anglaise pour la sauvegarde des sols

Un plan d'action sur les sols 2004-2006 a précédé l'adoption en 2009 d'une stratégie pour la sauvegarde des sols en Angleterre dont la mise en œuvre est confiée au ministère de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales (DEFRA).

La stratégie fixe l'objectif que d'ici 2030 tous les sols seront gérés de manière durable en mettant fin aux menaces de dégradation³⁴, ce qui améliorera la qualité des sols et préservera leur capacité à fournir des services essentiels.

Elle est organisée en sept chapitres thématiques : la protection des sols agricoles, le stockage de carbone dans les sols, l'adaptation au changement climatique, la prévention des pollutions, la protection des fonctions des sols face à l'urbanisation, la gestion des sols contaminés, la recherche et la surveillance. Chacun de ces chapitres comprend les objectifs à atteindre, l'état de la situation, les priorités de connaissance, les politiques publiques déjà mises en œuvre, ainsi que les actions à développer.

Ces actions portent notamment sur le renforcement de l'inventaire des sols et le développement d'indicateurs de qualité, un objectif de réduction des pertes de carbone stocké, un code d'utilisation des sols pour la construction pour prendre en compte les fonctions des sols dans la planification, la révision des seuils de polluants lors des apports au sol de matières recyclées, un guide d'aide à la décision pour les sites contaminés. Les moyens financiers ne sont mentionnés que pour quelques actions³⁵.

• La stratégie écossaise

L'Écosse s'était dotée en 1995 d'une loi sur les sols qui ne portait que sur les terrains contaminés. Afin de mobiliser l'ensemble des parties prenantes autour de la protection des sols et d'inciter à une meilleure prise en compte de cet enjeu dans l'ensemble des politiques publiques, le gouvernement a publié en mai 2009 une stratégie globale pour

peu précises, la qualité des évaluations est très variable.

³² L'Allemagne a rédigé des lignes directrices qui ne sont pas juridiquement contraignantes, pour évaluer les sols à partir de cinq fonctions et notamment la fertilité. Ainsi, les sols de haute qualité peuvent être identifiés et pris en compte lors de l'élaboration des documents de planification.

³³ Les stratégies sectorielles relatives aux sols concernent le plus souvent uniquement les sites et sols contaminés ou la planification spatiale.

³⁴ Les sols anglais subissent trois menaces principales : l'érosion par le vent et la pluie, le tassement et la perte de matière organique.

³⁵ Sur le budget du ministère de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales (DEFRA), sont prévus 17,5 M£ /an pour aider les collectivités dans la remédiation des sols contaminés, 5 M£ /an pour la recherche sur les sols.

les sols. Elle est coordonnée au sein du gouvernement de l'Écosse par la division de la qualité de l'environnement qui traite également de l'eau et de l'air.

La stratégie fournit un cadre pour la protection des sols qui tient compte de leur qualité et de leurs multiples fonctions. Elle débute par une présentation de l'importance des fonctions des sols avec une emphase particulière sur leur rôle vis-à-vis du climat et une description des sols écossais et des menaces qui les affectent.

Ensuite, la stratégie identifie 13 objectifs à atteindre : protection du stock de matière organique, réduction de l'érosion, maintien de la structure, réduction des émissions de gaz à effet de serre, protection de la biodiversité, contribution à la gestion des inondations, gestion du sol et amélioration de la qualité de l'eau, maintien de la capacité productive du sol, réduction de la contamination, utilisation des friches, protection des sols à valeur historique, connaissance des sols, coordination des acteurs. Chacun de ces objectifs est mis en relation avec les menaces qu'il permet de traiter.

Un plan de 35 actions est ensuite présenté avec mention du ou des objectifs auxquels l'action contribue. Une échéance et un responsable sont précisés pour la mise en œuvre de chacune de ces actions, mais le financement n'est pas indiqué. La stratégie prévoit notamment le développement d'un réseau de surveillance des fonctions des sols et des services associés. Un bilan de mise en œuvre de la stratégie a été publié en décembre 2013 avec un rapport sur l'état des sols écossais.

Cette stratégie pour les sols a été complétée par la publication en 2011 d'une stratégie sur l'usage des terres qui prévoit une évaluation des sols afin de protéger ceux qui sont les plus sensibles (zones humides) ou qui ont le meilleur potentiel agronomique. La stratégie sur l'usage des terres est en cours de révision et le processus montrerait qu'il est souhaitable de concevoir une nouvelle stratégie globale sur les sols.

- La stratégie suisse

Établie en 2007 par l'Office fédéral de l'environnement, la stratégie suisse est un document en huit pages de portée très générale, ainsi que l'indique son intitulé « Protection du sol en Suisse : concept directeur ».

Après une brève présentation des fonctions des sols et des menaces, la stratégie énonce dix principes directeurs pour la protection du sol : la sensibilisation à l'enjeu de la protection des sols, la protection préventive, l'observation et la surveillance sur le long terme (banque de données nationale), la limitation des pollutions, l'assainissement des sols contaminés pour éliminer les mises en dangers, le sol bien commun dont l'utilisateur est responsable de sa protection, la garantie juridique de l'intégrité du sol, l'augmentation souhaitable des moyens dédiés à la protection des sols, la coopération entre les acteurs concernés et la mobilisation des partenaires de l'aménagement du territoire, de l'agriculture et de la forêt.

Un nouveau document plus complet auquel la mission n'a pas pu avoir accès serait en cours d'élaboration.

1.4. La situation en France

Après un état des lieux de l'état des sols de France, les enjeux principaux d'une gestion durable sont présentés en indiquant la manière dont ils sont pris en compte dans les politiques publiques.

1.4.1. L'état des sols en France : une situation mitigée avec encore des incertitudes

Le Gis Sol a dressé en 2011 un état des connaissances sur l'évolution de l'état des sols en France qui a été repris et complété par le MEDDE en 2014³⁶. Par rapport aux menaces identifiées dans la stratégie européenne (cf. § 1.2.2), il ressort que :

- Parmi les atteintes au sol « physique », la principale inquiétude touche à **l'artificialisation** des sols qui favorise le ruissellement de l'eau au détriment de son infiltration, l'érosion, le transfert des contaminants, le déstockage du carbone. Les surfaces artificialisées ont progressé de façon accélérée au cours de la dernière décennie et elle représentaient 9,1 % du territoire métropolitain en 2012. Cette menace est d'autant plus sérieuse qu'elle s'est faite à 90% au détriment des terres agricoles et qu'elle concerne pour un tiers des sols disposant des meilleures potentialités agronomiques. La forêt est relativement bien protégée contre cette menace en raison des dispositions réglementaires qui encadrent le changement d'usage des espaces forestiers.
- **L'érosion** des sols constitue un phénomène souvent considéré comme irréversible dans la mesure où les pertes de sol provoquées par l'érosion sont supérieures au volume de sol formé par l'altération naturelle des roches. L'érosion hydrique est à l'origine de 1,5 t/ha/an de perte de terres en moyenne. La perte de la couche fertile s'accompagne généralement d'une perte de rendement agricole. Elle altère en outre la qualité de l'eau par ruissellement des polluants. Elle affecte principalement les sols limoneux des grands bassins parisien et aquitain, ainsi que certains secteurs méditerranéens.
- **Les glissements de terrain** sont une forme ultime de dégradation physique dont le risque est élevé sur 20% du territoire national, principalement en montagne et dans les outre-mer (Antilles, Réunion...). Ces déplacements de matériaux sont généralement lents (quelques millimètres à quelques mètres par an) mais ils peuvent être dévastateurs lorsqu'ils prennent la forme de coulées torrentielles.
- De grandes incertitudes subsistent sur **l'état de tassement** des sols agricoles et forestiers et sur l'évolution de leur structure à long terme. Certaines pratiques culturales ou d'exploitation forestière peuvent favoriser ces dégradations du sol par tassement ou érosion, entraînant de facto une moindre capacité de rétention d'eau, de filtration, et donc une plus grande vulnérabilité au changement climatique.
- **Les matières organiques** jouent un rôle clé dans la fertilité des sols, leur résistance à l'érosion et au tassement, le développement de la biodiversité et le piégeage des polluants (métaux, pesticides...). Composées de 58% de carbone organique, les matières organiques participent à l'atténuation du changement climatique en stockant le carbone dans les sols. Le stock de carbone organique dans les sols de France métropolitaine est évalué à 3,2 milliards de tonnes dans les 30 premiers centimètres. Il varie en fonction du type de sol, de son occupation et des pratiques culturales. Il est en baisse dans plus de 20% des cantons français (Bretagne, Franche-Comté, Landes de Gascogne et piémont pyrénéen...) en raison de retournement de prairies et de changements de

³⁶ Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 2011. L'état des sols de France, 188 p.
Service de l'observation et des statistiques du MEDDE, 2014. L'environnement en France, pp.77-88.

pratiques. Dans d'autres situations, il s'est stabilisé voire est en légère augmentation.

- La **biodiversité** est un indicateur de qualité des sols. Ces derniers abritent une multitude d'organismes vivants et sont un immense réservoir de micro-organismes et donc de patrimoine génétique dont la majeure partie est encore largement inconnue. Si la biodiversité microbienne des sols commence à être quantifiée et les facteurs de sa variation identifiés, il n'est pas encore possible de porter un jugement sur les valeurs observées et leur lien avec les fonctions des sols. Les vers de terre constituent de bons indicateurs de l'état de l'écosystème du sol.
- Les sols sont pollués par des produits épandus par l'activité agricole (pesticides, métaux contenus dans certains engrais), les dépôts de polluants atmosphériques et par des pollutions ponctuelles d'origine industrielle. Les **contaminations** par certains éléments traces métalliques (ETM) et métalloïdes touchent principalement les zones urbaines et industrielles. La distribution de ces ETM dans les sols dépend à la fois de facteurs naturels comme les roches mères et la pédogenèse³⁷ et des contaminations d'origine anthropique. La grande majorité des sols présente des teneurs en ETM plutôt faibles³⁸ et le plus souvent d'origine historique. Cependant, la contamination en cuivre est omniprésente dans les sols viticoles.

La connaissance des contaminations par les polluants organiques est très partielle. En zones agricoles, l'utilisation prolongée de polluants organiques persistants peut être à l'origine d'une imprégnation de longue durée des sols. C'est le cas de la chlordécone aux Antilles (20% de la SAU en Guadeloupe, 40% en Martinique) et du lindane dans le quart Nord-ouest en métropole qui sont interdits mais fortement rémanents. La caractérisation des sols en tant que réservoir de pathogènes n'en est qu'à ses prémices.

- Les sols agricoles ne présentent pas d'évolution mesurable de leur **acidité**³⁹, leurs pH étant restés stables au cours des quinze dernières années et régulés si nécessaire par l'apport d'amendements, qui reste nécessaire sur les sols à pH bas. L'acidification à long terme des sols naturels et forestiers reste incertaine. Les sols agricoles ne montrent pas de baisse mesurable de leurs teneurs en phosphore mais se juxtaposent des situations d'excédents dans les régions d'élevage (exemple de la Bretagne) alors que d'autres régions dédiées aux cultures présentent des teneurs relativement faibles.

1.4.2. Les principaux enjeux d'une gestion durable des sols en France

Il ressort de l'analyse des menaces et de leurs effets sur les sols qu'en France, les principaux enjeux et problématiques à traiter pour une gestion durable des sols concernent :

³⁷ C'est par exemple le cas du cadmium dans les sols issus de roches calcaires jurassiques et du plomb et du cadmium en bordure et au sud du Massif Central.

³⁸ Moins de 2 % des teneurs en ETM dans les sols sont supérieures aux limites retenues pour les épandages de boues d'épuration ou de déchets organiques. Toutefois la distribution géographique de certains contaminants reste inconnue (arsenic, mercure, sélénium).

³⁹ Le pH a une influence sur la disponibilité des éléments nutritifs et la toxicité des métaux

- la maîtrise de la progression des zones urbanisées au détriment des sols agricoles les plus productifs ;
- la gestion de la qualité des sols urbains et périurbains et notamment la réduction de leur artificialisation et le traitement des contaminations qui peuvent contraindre leurs usages ;
- la préservation de la fertilité et de la qualité agronomique des sols à usage agricole afin de conserver leur capacité productive ;
- le stockage du carbone dans les sols, qui représente un levier temporaire d'atténuation du changement climatique mais dont la durabilité reste incertaine⁴⁰ ;
- la régulation du cycle de l'eau, la réduction de l'érosion hydrique et l'amélioration de la réserve utile des sols dans le contexte du changement climatique ;
- la protection du réservoir de biodiversité.

À ces enjeux thématiques s'ajoute un besoin de connaissance.

1.4.3. Extension urbaine et artificialisation des sols : un enjeu central

L'artificialisation des sols est mise en avant comme la principale menace qui affecte les fonctions des sols et les services qu'ils rendent. Il s'agit cependant d'une notion aux contours relativement flous, parfois confondue avec celle d'imperméabilisation et souvent assimilée à l'urbanisation.

1.4.3.1. L'extension de l'urbanisation est une menace récurrente sur les sols

Selon la définition de l'INSEE, la consommation effective d'espace correspond à toute surface de terre sur laquelle est réalisé un « aménagement » ne permettant pas d'envisager un retour rapide et aisé de la parcelle vers son statut initial, sans faire appel à des travaux plus ou moins conséquents de remise en état. À cette définition, l'observatoire national de la consommation d'espace agricole (ONCEA devenu OENAF) ajoute celle de « consommation d'espace planifiée », qui correspond à l'extension de l'urbanisation prévue dans les documents graphiques des plans d'occupation des sols (POS), des PLU ou des cartes communales ; il ne s'agit donc plus, dans ce cas, de consommation effective mais potentielle.

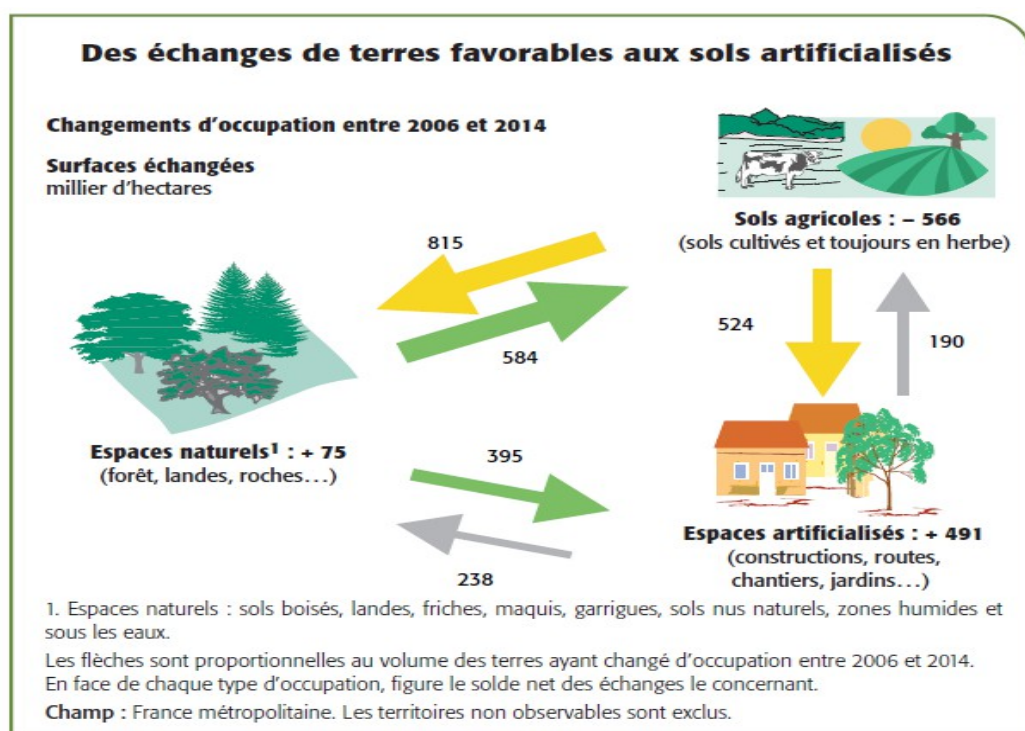
Ainsi, en s'intéressant à l'évolution des usages des espaces, l'urbanisation correspond au phénomène de création de surfaces urbanisées qui recouvrent des espaces bâtis et des espaces artificialisés non bâtis.

⁴⁰ Les effets du changement climatique sont susceptibles d'affecter à la fois les entrées (via un changement éventuel de la production végétale) et les sorties (via la modification des cinétiques de minéralisation des matières organiques) de carbone des sols.

De manière générale, les espaces artificialisés recouvrent les zones urbanisées (tissu urbain continu ou discontinu) : espaces bâtis, zones industrielles et commerciales, espaces verts artificialisés (espaces verts urbains, équipements sportifs et de loisirs), ainsi que les réseaux de transport, les mines et carrières, les décharges et chantiers.

Les sols supports de ces usages sont considérés comme artificialisés dans la mesure où leur profil est artificiellement tronqué ou recouvert d'une couche allochtone, ou qu'il s'agit d'un profil artificiel reconstitué de manière à reproduire le sol naturel ou d'un profil reconstitué de manière différente du sol naturel⁴¹.

En France, l'urbanisation est le principal facteur de consommation des terres⁴², via des processus de grignotage, de coalescence⁴³ et d'urbanisation des « dents creuses ». Les surfaces urbanisées regroupent 80 % de la population. Leur progression a été cependant quatre fois plus rapide que la croissance démographique. Entre 2006 et 2014, 60 000 ha de terres agricoles ont disparu en moyenne chaque année, dont 2/3 au profit des urbanisations⁴⁴, malgré une tendance à la baisse depuis 2009. Les espaces naturels sont également ponctionnés à hauteur de 20 000 ha. À l'inverse, localement, des surfaces sont reconquises sur la ville⁴⁵.



Source : SSP - Agreste - Enquêtes Teruti-Lucas

Figure 5 : Changement d'affectation des sols entre 2006 et 2014

⁴¹ Définition de l'artificialisation du dictionnaire DoneSol 2012, p.183

⁴² En l'absence d'outil unique de suivi, le premier rapport de l'Observatoire national de la consommation des espaces agricoles (Oncea) publié en mai 2014 estime entre 40.000 et 90.000 ha la consommation moyenne annuelle d'espaces agricoles depuis le début des années 2000, le rythme annuel ayant beaucoup augmenté entre 2000 et 2008 pour diminuer sensiblement depuis 2010. D'après l'Oncea, cette baisse du rythme s'explique probablement par l'arrivée de la crise qui a fortement touché les secteurs de la construction et l'activité économique dans son ensemble.

⁴³ Union de parties auparavant séparées

⁴⁴ L'enrichissement des terres agricoles difficiles est une autre cause de la réduction des surfaces utilisées par l'agriculture.

⁴⁵ Par exemple dans 5% des communes en Nord Pas-de-Calais

On peut ainsi constater les effets très relatifs des dispositions de l'article L110 du code de l'urbanisme, qui a pourtant identifié dès 1983 la gestion économe des sols comme un objectif majeur assigné aux collectivités publiques⁴⁶.

De manière globale, il apparaît que les sols urbanisés (espaces bâtis et artificialisés non bâtis), représentaient environ 9,3 % du territoire métropolitain (5,1 Mha) en 2014, au lieu de 8,3 % en 2006 (4,6 Mha).

De façon très schématique, la consommation annuelle moyenne de foncier neuf paraît résulter :

- pour un peu plus de la moitié, de la construction de logements ;
- pour près de 30 %, des besoins industriels et commerciaux et équipements publics ;
- pour environ 20 %, des infrastructures nouvelles (une partie de ces infrastructures est cependant probablement à rattacher aux zones d'activité)⁴⁷.

La ponction des terrains agricoles se fait pour beaucoup sur les terres les plus riches sur le plan agronomique⁴⁸. Les localisations des aires urbaines correspondent en effet assez précisément à la localisation des sols de meilleurs potentiels agronomiques, ce qui, outre la perte directe de potentiel de production, complique les conditions de fonctionnement des exploitations. En 2010, plus de 75 % des exploitations agricoles étaient situées en zone urbaine et périurbaine contre 44 % en 2000 (INSEE, Agreste, 2010).

La ville ne peut plus être considérée comme une entité distincte, mais comme faisant système avec les territoires à dominante rurale avec lesquels elle s'imbrique complètement :

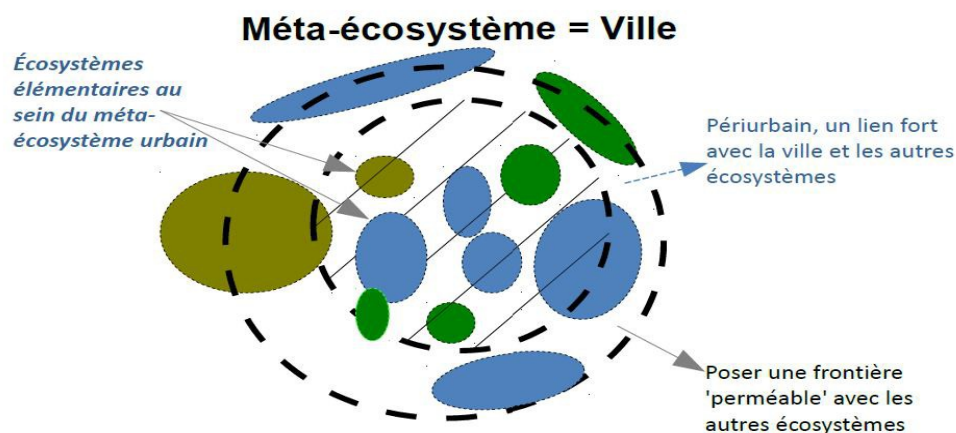


Figure 6 : Le méta écosystème de la ville (source Cerema)

⁴⁶ Le territoire français est le patrimoine commun de la nation. Chaque collectivité publique en est le gestionnaire et le garant dans le cadre de ses compétences. Afin d'aménager le cadre de vie, de gérer le sol de façon économe, d'assurer la protection des milieux naturels et des paysages et de promouvoir l'équilibre entre les populations résidant dans les zones urbaines et rurales, les collectivités publiques harmonisent, dans le respect réciproque de leur autonomie, leurs prévisions et leurs décisions d'utilisation de l'espace. » (loi 83-8 du 7 janvier 1983)

⁴⁷ Rapport CGEDD – CGAAER, 2009. Protéger les espaces agricoles et naturels face à l'étalement urbain, p. 9

⁴⁸ « L'urbanisation consomme le plus souvent les sols à haut potentiel agronomique et biologique, abritant une faune et une flore de grande diversité, tels que les sols de plaine développés sur alluvions (bocage et prairies). » (source : Gestion durable des sols – p.20)

1.4.3.2. Redéfinir l'articulation entre la ville et la campagne

Une des principales conséquences de l'urbanisation est le grignotage des surfaces agricoles périphériques. La production agricole est très présente dans les territoires périurbains et urbains, de manière variée : grandes cultures, maraîchage, vergers, élevage... Elle y est confrontée à plusieurs enjeux spécifiques :

- foncier : consommation de la surface agricole par le développement des zones urbaines, spéculation rendant difficile l'accès aux terres ;
- économique : délocalisation des outils de transformation, développement d'offres de services pour les collectivités, circuits de proximité, productions spécifiques ;
- cohabitation avec la ville : difficultés de circulation des engins agricoles, méconnaissance des pratiques agricoles par les habitants...

Les relations entre la ville et l'agriculture sont complexes et justifient en soi un programme d'action allant au-delà des seules mesures de gestion quantitatives. Tel est l'objet des chartes agricoles périurbaines, signées dans une quinzaine d'agglomérations^{49;50}, dont il serait utile d'établir un bilan. Ces chartes ont pour vocation de conforter l'activité agricole périurbaine autour de trois enjeux principaux :

- le foncier : préserver des terres agricoles, donner une visibilité à moyen terme pour les agriculteurs par la planification, favoriser l'accès au foncier et en valoriser la multifonctionnalité ;
- l'économie et la viabilité des exploitations : valoriser les productions par la mise en place de circuits courts, diversifier les activités agricoles en coordination avec les attentes urbaines ;
- la relation entre agriculteurs et citoyens : favoriser les rencontres entre ces acteurs par l'organisation d'événements, communiquer autour des préoccupations de chacun...

Ces questions font aujourd'hui partie des préoccupations du réseau rural national et font l'objet d'appels à projet financés sur des crédits FEADER. Par ailleurs, la réduction du rythme de consommation des terres agricoles renvoie directement au principe de densification urbaine, concept susceptible de favoriser en outre la réduction des émissions de gaz à effets de serre et d'être associé à des valeurs sociales renouvelées comme l'urbanité et la mixité⁵¹.

⁴⁹ 14 chartes agricoles périurbaines avaient été signées en 2014, comme celles mise en place au niveau du pôle Azur – Provence (2007), dans le département de Seine Maritime (2011), du pôle métropolitain rhônalpin (2012), à Toulouse (2012), à Orléans (2012), Lille Métropole (2014)...

⁵⁰ Proposées par l'association Terres en Villes, partenariat avec le ministère de l'agriculture, la Diact (aujourd'hui commissariat général à l'égalité des territoires (CGET)) et la Fondation de France

⁵¹ Reconstruire la ville sur elle-même : un enjeu de développement urbain durable, entre actions publiques locales et perceptions habitantes – thèse Marion Feuillâtre Université François Rabelais Tours juin 2012 (p.22)

1.4.3.3. Reconquérir les friches urbaines

Le rapport de l'association des communautés urbaines de France (ACUF) sur « Les friches, cœur du renouveau urbain »⁵², identifie la friche urbaine par sa localisation dans le tissu urbain, indépendamment du type d'activité d'origine. Il y a de nombreux types de friches urbaines : industrielles, commerciales et tertiaires, d'habitat, militaires, administratives, ferroviaires, portuaires, etc. Elles sont le résultat d'une inadéquation, plus ou moins temporaire suivant la capacité des acteurs à réagir, entre la demande socio-économique de court terme et la réponse à plus long terme en matière de structure urbaine.

L'abandon de ces espaces peut avoir de nombreuses causes, dont certaines liées au coût de leur traitement (démolition, dépollution...). Investir les friches peut être largement plus problématique et plus coûteux que de grignoter les espaces périurbains, moins contraints à aménager. Selon les cas, les friches urbaines peuvent correspondre à des surfaces importantes au cœur des villes ou dans leurs abords immédiats, avec généralement des nuisances visuelles et environnementales. Elles constituent le plus souvent un facteur de risque lié à la nature des activités exercées précédemment, à la dégradation des installations, ou tout simplement à leur marginalité. À l'inverse, elles peuvent parfois se révéler comme des réserves de biodiversité. Dans tous les cas, leur reconquête permettrait de réduire l'extension des zones urbaines.

1.4.3.4. Repenser la gestion des sols urbains

Le Gis Sol considère que l'artificialisation qui résulte de l'extension de l'urbanisation constitue une menace pour la plupart des fonctions des sols. Il souligne l'enjeu particulier de la gestion des sols périurbains, à la fois soumis à de très fortes pressions foncières et affectés par des contaminations diffuses ou locales pouvant rendre préoccupants certains de leurs usages.

Si la terminologie des inventaires et du langage courant assimile toute consommation de terres agricoles, forestières ou naturelles à l'artificialisation, il convient de nuancer selon l'usage des sols en ville qui peuvent remplir encore certaines fonctions au-delà du seul support à construction. En effet, cette assimilation revient souvent à une idée manichéenne de confrontation entre la ville et le milieu « naturel » qui la supporte. Or, si construire la ville sur elle-même est de nature à réduire l'artificialisation de nouveaux espaces, il convient de ne pas rendre invivables les espaces ainsi densifiés. Alors que la connaissance de l'état qualitatif des sols urbains reste trop limitée, il conviendrait d'avoir une véritable réflexion sur les nécessaires équilibres qualitatifs des terres en prenant en compte les services écosystémiques que l'on attend d'elles.

En effet, un sol urbain n'est pas seulement un support d'activités, mais un milieu vivant. Il joue notamment un rôle déterminant dans la gestion des eaux pluviales. Si l'imperméabilisation⁵³ peut être une des modalités possibles de l'artificialisation des sols, certains modes d'urbanisation permettent de la réduire. Certaines communes ont ainsi entrepris de « dés-imperméabiliser » des terrains. Les expériences de

⁵² Rapport paru en 2010 à l'initiative de l'Acuf et de la Caisse d'Epargne : Les friches, cœur du renouveau urbain – Les communautés urbaines face aux friches : état des lieux et cadre pour agir

⁵³ L'Imperméabilisation est l'action de recouvrir le sol de matériaux imperméables à des degrés divers selon les matériaux utilisés (asphalte, béton,...).

remplacement des réseaux d'eaux pluviales enterrés par des noues en plein air sont à développer.

De manière plus générale, la gestion des zones urbanisées doit s'inscrire dans le concept de ville durable, dont la caractéristique est de répondre à des critères écologiques, à une gestion raisonnée des ressources et une amélioration de la qualité de vie urbaine⁵⁴.

Ces évolutions nécessitent de repenser la gestion des sols urbains. Une analyse présentée en janvier 2012 par les centres d'études techniques de l'équipement (Cete) Ile-de-France, Lyon et Nord-Picardie a relevé de nombreuses difficultés liées à la connaissance historique de sites, à la très grande variabilité des paramètres traduisant un stress du sol plutôt qu'une pollution, à l'hétérogénéité des sols urbains (remblais de différentes origines), à l'imperméabilisation importante, compliquant la spatialisation des informations collectées. Elle concluait à la non adaptation aux sols urbains des indicateurs existants et préconisait la grille d'aide à la décision ci-dessous :

Outil d'aide à la décision pour l'aménagement et la préservation des sols urbains

Indicateurs de qualité d'un sol	Fonctionnalité du sol	Usage du sol
Portance, Compacité, Perméabilité, Granulométrie, Niveau piézométrique, Eléments nutritifs, Rendement, pH, [polluants], Indicateur Biologique Respirométrie, ...	Support mécanique Biodiversité Alimentaire Redistribution de l'eau Sanitaire ...	Récréatif Ecoquartier Établissement sensible, Culture, Parking, Voirie, ...

Il faut également introduire un plus fort taux de nature en ville. Outre l'apport d'aménités, telles que la lutte contre l'effet « îlot de chaleur », cette orientation est également favorable à la santé. À cet effet, il paraît opportun de préférer à la logique du zonage, l'affectation de plusieurs fonctions aux sols urbains et périurbains dans l'objectif d'optimiser à la fois les aménités urbaines et les services écosystémiques, et de respecter un principe de solidarité écologique entre les territoires⁵⁵.

⁵⁴ « Reconstruire la ville sur elle-même : un enjeu de développement urbain durable, entre actions publiques locales et perceptions habitantes » – thèse Marion Feuillâtre Université François Rabelais Tours juin 2012 (p.26)

⁵⁵ Cette orientation était celle du plan « restaurer et valoriser la nature en ville » qui est l'un des engagements du Grenelle de l'environnement, repris dans la loi de programme du 3 août 2009 et dans le plan ville durable. Un projet de stratégie 2014-2016 allant en ce sens semble avoir été envisagé par la DHUP mais n'a pas abouti.

1.4.3.5. Un corpus législatif inachevé pour limiter l'extension urbaine

Les premières dispositions législatives qui ont instauré des outils visant à réduire l'étalement urbain datent de la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain (SRU) du 13 décembre 2000. D'autres dispositions sont venues les compléter en 2010 et en 2014.

En étendant à l'ensemble du territoire national l'obligation de stratégies territoriales autrefois limitées aux seules zones urbaines importantes, la loi SRU constitue un vecteur très significatif de limitation de l'étalement urbain. Les documents de planification territoriale (Scot et PLU) constituent les supports d'une réflexion approfondie visant « une utilisation économe et équilibrée des espaces naturels, urbains, périurbains et ruraux ».

Des outils juridiques ont aussi été mis place dans les années 2000, afin de protéger les espaces naturels, agricoles et forestiers, notamment les zones agricoles protégées (ZAP) créées par la loi d'orientation agricole de 1999 et les périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN) mis en place par loi du 23 février 2005, relative au développement des territoires ruraux. Relevant de l'initiative des départements, ces dispositifs ont été cependant peu utilisés.

En 2007, le Grenelle de l'environnement a identifié la « lutte contre l'étalement urbain qui entraîne la régression des surfaces agricoles et naturelles, de la déperdition d'énergie, des émissions de gaz à effet de serre et des coûts élevés en infrastructures » comme un objectif majeur qui a été pris en compte dans plusieurs lois votées depuis 2010.

La loi portant Engagement national pour l'environnement (ENE), dite Grenelle II, du 12 juillet 2010, vise à limiter l'étalement urbain et encourager la densification des zones bien desservies en équipements publics. Dans ce but, une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers doit être effectuée et des objectifs plafond de consommation de l'espace doivent être fixés, au regard des dynamiques économiques et démographiques et des besoins répertoriés en matière de développement économique.

La loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche (MAP) du 27 juillet 2010 a créé notamment les Commissions départementales de la consommation des espaces agricoles (CDCEA), amenées à donner un avis sur les objectifs de réduction de la consommation des espaces agricoles. Elle a aussi créé l'observatoire national de la consommation des espaces agricoles (ONCEA) dont la nouvelle loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAF), adoptée le 11 septembre 2014, a élargi le périmètre aux espaces naturels et forestiers. De plus des observatoires régionaux des espaces naturels, agricoles et forestiers ont été instaurés.

La LAAF a par ailleurs renforcé le dispositif de lutte contre le grignotage des terres agricoles en prévoyant, pour les projets publics ou privés susceptibles d'avoir des conséquences négatives importantes sur l'économie agricole, la réalisation d'une étude préalable comprenant au minimum : une description du projet, une analyse de l'état initial de l'économie agricole du territoire concerné et une estimation des effets négatifs générés. Ceci, dans le but d'éviter, de réduire ou de compenser les atteintes à l'économie agricole du territoire (article L.112- 1-3 du CRPM). La formulation assez floue de cette disposition nécessite une identification plus opérationnelle des cas concernés.

La loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (Alur) du 24 mars 2014 vise à renforcer, dans l'élaboration des documents d'urbanisme, le processus de densification urbaine et de renforcement de la qualité des sols. Elle institue que le rapport de présentation du Scot et des PLU expose la capacité de densification sur les principaux secteurs de développement, de restructuration et de renouvellement urbain, ainsi que la stratégie foncière en découlant. En outre, son article 40 prévoit que les projets de constructions, aménagements, installations et travaux ayant pour conséquence une réduction des surfaces situées dans les espaces autres qu'urbanisés et sur lesquelles est exercée une activité agricole ou qui sont à vocation agricole, doivent être préalablement soumis pour avis à la commission départementale de la consommation des espaces agricoles. La loi Alur renforce l'encadrement de l'ouverture à l'urbanisation des zones 2AU⁵⁶. Par ailleurs, son article 157 prévoit que des règles peuvent imposer une part minimale de surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables, éventuellement pondérées en fonction de leur nature, afin de contribuer au maintien de la biodiversité et de la nature en ville.

Ainsi enrichi depuis cinq ans, le dispositif législatif tend à imposer, mais sans coercition excessive, une limite foncière aux extensions urbaines. Cette volonté conduit à repenser la construction des villes en direction d'une augmentation de leur densité et d'une reconquête des espaces délaissés en leur sein.

1.4.3.6. Un besoin d'évolution de la fiscalité

La densification urbaine et les traitements nécessaires au maintien global des fonctionnalités écologiques préexistantes se heurtent à des difficultés d'ordre financier. Il est généralement moins coûteux d'aménager de nouveaux terrains en périphérie des agglomérations que de retraiter des espaces déjà urbanisés.

Des outils fiscaux ont été mis en place afin de tenter de compenser en partie ce handicap. L'article 28 de la loi n°2010-1658 du 29 décembre 2010 a créé la taxe d'aménagement destinée à remplacer l'ensemble des taxes et participations d'urbanisme existantes, dont la TLE (taxe locale d'équipement). En permettant aux communes et EPCI compétents en matière de PLU d'instaurer un seuil minimal de densité par secteur, la loi ouvre la possibilité d'instaurer un versement pour sous-densité, dont l'objectif est de lutter contre l'étalement urbain et d'inciter à une utilisation économe de l'espace (décret n°2101-88 du 25 janvier 2012). Ce dispositif est entré en vigueur en mars 2012.

Il existe également une taxation des plus-values des sols rendus constructibles. Instituée par la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche de 2010, elle vise principalement à éviter la spéculation foncière⁵⁷. Elle n'est pas suffisamment incitative

⁵⁶ On observe dans certains PLU un sur-dimensionnement des zones non équipées destinées à l'urbanisation future (zones 2AU). Pour être ouverte à l'urbanisation, une zone doit faire l'objet d'une délibération motivée et d'une révision, pour les zones de plus de neuf ans

⁵⁷ « L'article 13 instaure une taxe en cas de cession d'un terrain nu devenu constructible à la suite d'une modification des documents d'urbanisme. Cette taxe est assise sur le prix de cession du terrain diminué du prix d'acquisition. Elle est progressive. Elle ne s'applique pas lorsque le prix de cession est inférieur à 10 fois le prix d'acquisition. Son taux est de 5 % lorsque le prix de cession est situé entre 10 fois et 30 fois le prix d'acquisition actualisé et de 10 % sur la part de la plus-value restant à taxer lorsque ce rapport est supérieur à 30. L'assiette de la taxe est réduite d'un dixième par an à partir de la huitième année suivant la modification de ces documents. Elle ne s'applique pas aux cessions de terrains nus consécutives à une expropriation et à celles dont le montant est inférieur à 15 000 €. » (exposé des motifs de la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche)

pour limiter l'étalement urbain eu égard au différentiel de coût existant entre un aménagement nouveau en périphérie urbaine et un réaménagement de terrains anciennement urbanisés.

À l'inverse, la loi de finances pour 2015 (article 20) a supprimé la taxe sur la gestion des eaux pluviales et abrogé la section 15 du code général des collectivités territoriales (articles L.2333-97 à L.2333-101) traitant de ce sujet. Facultative pour les communes et intercommunalités, cette taxe applicable depuis un décret du 6 juillet 2011 sur la gestion des eaux pluviales urbaines, n'aura été que très peu appliquée, ce qui fait qu'elle a été jugée d'un rendement trop faible par le gouvernement.

Ainsi que l'a observé le groupe de travail « Fiscalité et artificialisation des sols » constitué au sein du Comité pour la fiscalité écologique, la fiscalité actuelle n'a pas été pensée en termes d'incitations à limiter la consommation des sols, mais davantage de permettre le financement des équipements publics. Il conviendrait sans doute de réorienter la fiscalité en matière d'aménagement urbain selon une logique plus globalisante visant à davantage favoriser le réaménagement durable des espaces déjà urbanisés.

La fiscalité pourrait également contribuer à reconnaître aux sols une valeur intrinsèque d'équilibre entre leur nature agro-naturelle et leur potentiel foncier : *« plutôt que de fixer le prix du foncier en fonction de l'éloignement ou de la proximité de l'aire urbaine (indicateur spatial), on pourrait anticiper une valeur d'équilibre sur la base de la destination des sols dans le temps, telle qu'elle peut être formulée dans un projet territorial. »*⁵⁸

1.4.4. La pollution des sols : un enjeu de santé publique et d'environnement

Jusqu'à présent, les sols pollués ont été abordés principalement au travers de la pollution de l'eau, de l'air et des risques de contamination des végétaux. Les conséquences de l'état des sols pour la santé humaine constituent un enjeu majeur pour la réutilisation des friches urbaines polluées. Les interactions sols/eau et sols/air sont complexes et nécessitent des études et la mise en œuvre de techniques complexes et coûteuses.

⁵⁸ Source : http://www.sante-environnement-travail.fr/minisite.php3?id_rubrique=883&id_article=2895

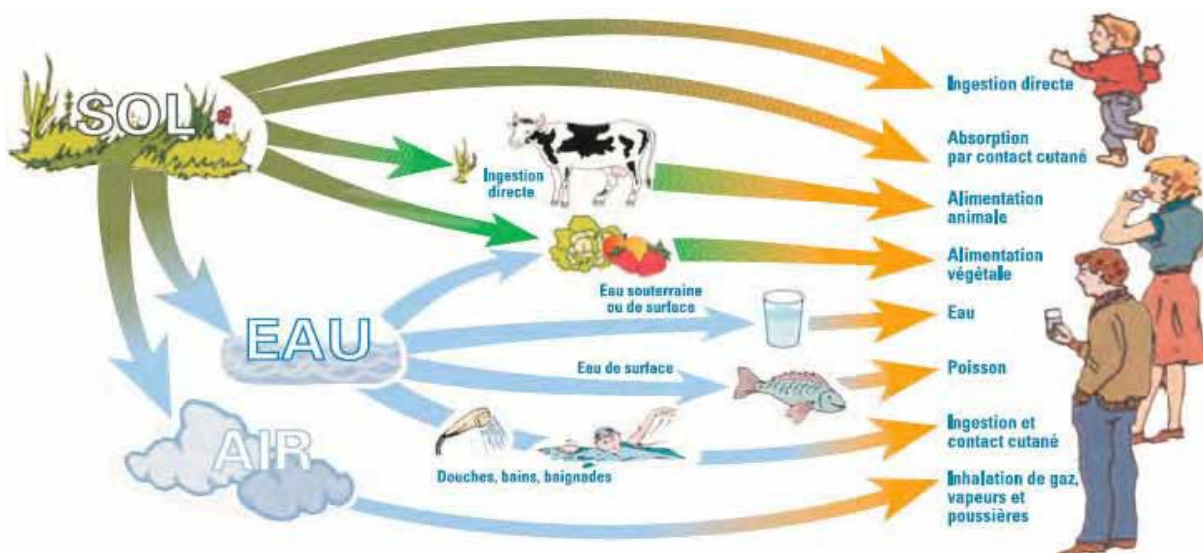


Figure 7 : Modèle conceptuel général des voies d'exposition humaines à la pollution des sols⁵⁹

1.4.4.1. Les pollutions ponctuelles, plus localisables et de source plus aisément identifiable, sont les mieux prises en compte

Le cadre réglementaire des sols pollués relève essentiellement à la fois de la réglementation relative aux déchets et de celle relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Il s'appuie sur quatre principes, outre celui de mémoire traduit par la création des bases de données Basol et Basias (voir annexe 4) :

- prévenir les pollutions futures, via l'action de l'inspection des installations classées consistant à connaître et à maîtriser les émissions de toutes natures produites par les installations en exploitation ;
- mettre en sécurité les sites nouvellement découverts, grâce à la mise en œuvre éventuelle de mesures de protection : clôtures, enlèvement des produits, etc. ;
- connaître, surveiller et maîtriser les impacts, notamment en regard des risques de pollution des eaux souterraines, par une bonne connaissance des substances et pollutions existantes, de leur étendue, de leur comportement et de leur évolution dans l'espace et dans le temps ;
- traiter et réhabiliter en fonction de l'usage, puis pérenniser cet usage, le cas échéant par le biais de servitudes⁶⁰.

Le ministère de l'Écologie, via une circulaire de 2007, définit et met à jour la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués, qui a vocation à être appliquée dans un cadre plus large que celui des installations classées ou des

⁵⁹

⁶⁰ Cf. « Sous les pavés la terre : connaître et gérer les sol urbains » Omniscience 2009, pp.90-91

déchets, notamment dans le cadre des projets d'aménagements sur des pollutions historiques. Cette méthodologie distingue les contextes de gestion selon que les usages sont connus et fixés (découverte d'une pollution historique sur une zone habitée par exemple) ou en cours de définition (projet d'aménagement sur une zone industrielle). Les grands principes de cette méthodologie ont été repris dans une norme AFNOR (NFX 31-620).

Il est à noter également qu'en cas de défaillance du responsable des pollutions des sols lors de sa cessation d'activité, le ministère a mis en place, via l'ADEME, un mécanisme de substitution visant à permettre la mise en place des mesures les plus urgentes.

Cette réglementation « défensive » est de nature à instituer des protections efficaces autour des sites pollués. Le projet de directive-cadre européenne sur les sols allait plus loin, prônant la « *remise en état des sols dégradés jusqu'à récupération d'un niveau de fonctionnalité compatible au moins avec leur utilisation effective et leur utilisation future autorisée.* ». La France s'est opposée à la réalisation systématique de diagnostics sur des sites potentiellement pollués, mettant en avant la nécessité, pour des raisons opérationnelles, de conserver une notion de gestion des risques suivant l'usage.

La législation des sols pollués a ainsi progressivement évolué avec un renforcement de la notion de gestion des risques, par la recherche d'une adéquation entre la pollution résiduelle des sites et leur usage. Les lois récentes, notamment la loi Alur de 2014, ont renforcé le droit en matière de sols pollués. Son inscription dans le code de l'urbanisme est une des avancées majeures de cette loi, portant l'accent, au-delà de la prévention et des traitements, sur la notion d'usage des sols pollués.

Tant que l'usage d'une friche ne change pas de nature, la réglementation se limite à contenir les impacts des pollutions du sol. En cas de changement d'usage, il est généralement indispensable de mener des travaux de restauration.

Un programme d'aides a été mis en place en ce sens entre 2009 et 2014 au titre du plan de relance de l'économie. Sur cette période, 675 ha de friches ont été reconverties pour un montant de 57,7 M€, 135 projets ont été retenus, dont 41 % présentés par des acteurs privés, 27 % par des collectivités locales, le reste par des aménageurs publics. 50 % des opérations financées ont concerné des programmes de logements.

Des travaux de recherche ont été menés depuis de nombreuses années en matière de réhabilitation des sols pollués. Des techniques plus ou moins élaborées, donc coûteuses, ont été mises au point. Quatre grandes techniques de traitement peuvent être envisagées :

- le traitement sur site, pour les hydrocarbures, les métaux et les hydrocarbures volatils non chlorés : de type biologique, physico-chimique, par lavage ou par désorption thermique ;
- le traitement sur site pour des pollutions superficielles ou peu profondes ne nécessitant pas une dépollution rapide : par phytoremédiation, phytostabilisation ou phytoextraction ;
- le traitement hors site, adapté pour les remblais, mais utilisable pour tous types de sols pollués acceptés en décharge : biocentres, traitement biologique en

centres collectifs, centres de traitement par voie thermique, incinération, enfouissement⁶¹ ;

- le confinement, qui consiste à contenir physiquement les impacts.

Subsistent néanmoins des obstacles juridiques à la réutilisation des terres excavées. Leur classement comme déchet rend difficile leur retraitement et leur valorisation économique en dehors des sites de prélèvement, alors que des techniques existent et que cette valorisation existe dans d'autres pays européens pourtant assujettis aux mêmes règles européennes.

La ressource sol devrait être constitutive d'une économie circulaire. Pourtant, le principe général, en application de l'ordonnance n° 2010 – 1579 du 17 décembre 2010, est d'assimiler à un déchet toutes terres excavées [naturelles ou non], qui sortent du site dont elles sont extraites. Cette ordonnance avait pour objet de transposer en droit français la directive 2008/98/CE du Parlement européen et du Conseil relative aux déchets. Cette dernière précise que « *le statut de déchet des sols non pollués et autres matériaux géologiques naturels excavés qui sont utilisés dans d'autres sites que celui de leur excavation devrait être apprécié conformément à la définition des déchets et aux dispositions concernant les sous-produits ou le statut de fin de la qualité de déchet au titre de la présente directive* ».

Dans l'état actuel des choses, les terres polluées sont pour l'essentiel mises en décharge. Les terres pas ou faiblement polluées peuvent être réutilisées sous la responsabilité du producteur et du receveur, selon une méthodologie présentée dans deux guides rédigés par le BRGM. Ces guides arrêtent trois principes : ne pas rajouter de la pollution au site d'accueil (caractérisation de l'émetteur et du site receveur), ne pas polluer les eaux souterraines et respecter les seuils sanitaires. Le respect du premier de ces principes implique une caractérisation des terres excavées et des sites d'accueil. La méthodologie lourde et contraignante est peu utilisée.

Les contraintes liées à la caractérisation et aux critères de réutilisation des terres excavées sont simplifiées dans certains pays, notamment en Belgique et aux Pays-Bas, selon deux types d'action :

- la définition de seuils géochimiques valables sur de grands territoires, ce qui permet de limiter les études par sites ;
- une traçabilité plus efficace gérée par la Grondbank, institution privée mais reconnue par la loi, qui garantit la nature des terres (classification) et réduit la prise de risque pour les utilisateurs.

La transposition en France de ces deux axes de travail est envisagée, mais semble se heurter à l'exercice de lobbies.⁶²

⁶¹ Une fois excavé, un sol est considéré comme un déchet. C'est ce classement en tant que déchet qui fait qu'un sol excavé non pollué qui serait naturellement non conforme aux normes réglementaires, ne pourrait pas être réutilisé tel quel, y compris à l'endroit où il a été prélevé, dès lors qu'il aurait été traité hors site (cf. infra programme Siterre).

⁶² Pour autant, un guide réalisé sous l'égide du BRGM préconise de n'effectuer le stockage des terres excavées dans une installation de stockage de déchets qu'après avoir recherché la possibilité de valoriser les terres. Pour valoriser des terres excavées hors site dans des conditions acceptables pour la santé et l'environnement, il est nécessaire de respecter trois critères cumulatifs et indépendants : la qualité des sols de la zone de réutilisation sur le site receveur est maintenue ; la préservation de la ressource en eau et des écosystèmes présents au droit du site receveur (zone de réutilisation des terres) est assurée.

Les avancées de la loi Alur

La réutilisation de terrains pollués, susceptible de participer à la lutte contre l'étalement urbain, expose les aménageurs à la mise en cause de leur responsabilité face à un risque de contamination, ainsi qu'à des coûts de traitements mal maîtrisés.

Une des dispositions importantes de la loi Alur (article 173 codifié à l'article L.125-6 CE) vise à améliorer l'information relative à ces terrains et à clarifier les conditions de leur restauration. Deux dispositions y ont été insérées à cet effet, la création de secteurs d'information sur les sols pollués (SIS) et la mise en place d'une cartographie des sols potentiellement pollués (Casias).

L'article L.125-6 du code de l'environnement prévoit ainsi que l'État élabore des secteurs d'information sur les sols (SIS). Annexés aux documents de planification urbaine, ils auront vocation à identifier les terrains où la connaissance de la pollution des sols est justifiée. Notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution pour préserver la sécurité, la santé ou la salubrité publique et l'environnement sera désormais obligatoire. Ainsi, *« les projets de construction ou de lotissement prévus dans un secteur d'information sur les sols (...) font l'objet d'une étude des sols afin d'établir les mesures de gestion de la pollution à mettre en œuvre pour assurer la compatibilité entre l'usage futur et l'état des sols. »* (Art. L.556-2)

Outre les secteurs d'information sur les sols, la loi Alur institue une série de mesures imposant l'information précise d'un acquéreur, facilitant la restauration des friches industrielles et assurant une protection aux futurs occupants du site, lors de l'arrêt d'exploitation d'un site. Un tiers intéressé par un site pollué peut également demander à se substituer à l'exploitant pour le réhabiliter. La loi précise par ailleurs les règles permettant de clarifier les responsabilités. Elle permet en outre à la puissance publique de se substituer au responsable du terrain, à ses frais, afin de réaliser d'autorité les travaux nécessaires à son mode d'occupation.

La mise en œuvre de la loi Alur permettra ainsi une meilleure information sur l'état des sols pollués ou potentiellement pollués, de mieux encadrer les possibilités d'intervention, mieux identifier les responsabilités et assurer une protection accrue des futurs utilisateurs de ces sols. Elle ne constitue cependant qu'une étape dans la stratégie de reconquête des sols urbains. Il pourrait être en effet pertinent qu'au-delà de l'identification des risques potentiels de pollution, la loi oblige la réalisation systématique d'un inventaire avec pré-diagnostic des friches présentant un intérêt potentiel pour la densification urbaine.

Une part importante des sites pollués se situe également en zone rurale, ce qui pose la question de leur réutilisation, éventuellement pour l'agriculture après des études qui déterminent les végétaux dont la culture reste compatible avec les modes de contamination, soit plutôt pour la production énergétique, ou encore pour des corridors écologiques.

1.4.4.2. Les pollutions diffuses sont encore mal connues

Si les contaminations élevées des sols sont généralement liées à la proximité de sources industrielles ou minières ou à des apports massifs locaux de polluants, il ne faut pas pour autant négliger les pollutions plus diffuses et à caractère chronique.

- La pollution des sols par les pesticides : un diagnostic encore embryonnaire

La part des produits phytosanitaires appliqués n'atteignant pas sa cible⁶³, donc directement transférée dans l'air et/ou le sol, est connue comme étant à la fois élevée et extrêmement variable (de 10 à 90%) selon les stades de la culture et les conditions d'application⁶⁴. Pourtant la mise en place d'un suivi systématique relatif à la contamination par les pesticides est récente, sans doute en lien avec l'absence de réglementation et d'obligation légale en la matière, et en raison des coûts et difficultés méthodologiques de réalisation des prélèvements et des mesures, ainsi que d'interprétation des données. L'état des lieux de la contamination est donc encore lacunaire.

La contamination des sols par les produits phytopharmaceutiques est à suivre et évaluer d'un double point de vue : d'une part, ce compartiment peut constituer, s'il est contaminé, un « réservoir intermédiaire », voire de transit, devenant source potentielle de contamination pour les autres compartiments de l'environnement ; d'autre part, les résidus de produits phytopharmaceutiques ou leurs dérivés peuvent avoir des impacts sur les être vivants dont le sol constitue l'environnement privilégié.

Le premier rapport de synthèse⁶⁵ du Gis Sol indique une forte fréquence de détection des pesticides organochlorés très persistants et aujourd'hui interdits (DDT, lindane, chlordécone) ainsi que du DDE, dérivé du DDT. Dans le cas du lindane, une répartition diffuse apparemment peu liée à celle des activités agricoles qui en ont été la source, est l'indice du rôle des transferts aériens. Des herbicides et leurs métabolites sont fréquemment détectés et malgré la fin de son utilisation en 2009 et son caractère relativement peu persistant, l'atrazine est en tête des fréquences de détection (80%).

Quelques pesticides ont été introduits dans les listes d'analyses prévues par le réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS), mais à ce jour leur dosage n'a été réalisé et exploité, à titre exploratoire, que sur quatre départements du Nord de la France.

Il paraît nécessaire d'intensifier l'effort d'observation et de suivi des contaminations dans la mesure où l'état des lieux, tout en étant très incomplet, révèle une assez forte fréquence de détection. L'évaluation écotoxicologique et écologique de cette contamination reste à construire, et devrait progresser dans les années à venir.

- Les pollutions liées aux épandages de matières fertilisantes d'origine résiduaire

Les matières fertilisantes d'origine résiduaire (Mafor) sont susceptibles de contenir des éléments contaminants dont la dispersion sur les sols agricoles, lors de l'épandage, présente certains risques de perturbation de l'environnement et en particulier du sol.

⁶³ Par cible, on entend ici le feuillage de la végétation cultivée pour les fongicides et insecticides, ou des adventices pour les traitements herbicides de post-levée. Dans le cas des herbicides de pré-levée et des traitements de désinfection du sol, la part des phytosanitaires qui entre en contact avec les organismes visés (semences et plantules d'adventices, par exemple) reste très faible par rapport à celle qui se répartit dans la masse du sol, sans atteindre sa vraie cible biologique.

⁶⁴ Aubertot *et al.*, 2011.

⁶⁵ Gis Sol, 2011. *L'état des sols de France*. Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols, 188 p.

Ces contaminants sont des agents biologiques pathogènes (bactéries, virus, champignons, levures, parasites), des contaminants chimiques organiques, souvent dénommés composés traces organiques (CTO) ; des contaminants chimiques minéraux dont les éléments traces métalliques (ETM).

Les agents pathogènes apportés par les Mafor ont une durée de survie très variable dans le sol (de quelques jours à plus d'un an, selon différentes expériences en laboratoire). L'épandage des Mafor représente un excellent vecteur de dissémination de souches de bactéries résistantes dans l'environnement. Dans les sols, où le cuivre et le zinc s'accumulent au fur et à mesure des épandages de lisiers notamment, le phénomène se complique encore par des possibilités biologiques de transfert du matériel génétique porteur de la résistance à d'autres souches de bactéries qui en étaient jusqu'alors dépourvues. La présence d'antibiotiques rejetés par les animaux ou par l'homme dans ces Mafor favorise la sélection de souches bactériennes antibiorésistantes qui peuvent se multiplier dans les sols puis contaminer le milieu, sa flore et sa faune. L'enjeu de santé publique qui en découle est important.

Les composés traces organiques (CTO) sont des molécules de nature chimique et d'origines très diverses qui sont biodégradables à plus ou moins brève échéance par voie biologique (effet des micro-organismes) ou par voie physico-chimique (hydrolyse ou photolyse). La disparition des CTO (ou plutôt leur dissipation) n'est, le plus souvent, qu'apparente après leur dégradation qui produit des métabolites, plus difficilement identifiables et fortement liés à la matière organique du sol, qui peuvent à leur tour devenir contaminants.

Certains CTO sont extrêmement persistants⁶⁶ et peuvent se lier chimiquement à la matière organique présente dans le sol, les rendant quasi indétectables alors qu'ils sont effectivement présents. Les contaminants dits « persistants » appartiennent aux familles des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB) et des produits pharmaceutiques. Pour certains d'entre eux (3 HAP et 7 PCB), les teneurs maximales admissibles dans certaines Mafor sont réglementées.

Parmi les CTO non réglementés, se trouvent de très nombreuses molécules à usage domestique, professionnel, pharmaceutique (antibiotiques, anti-inflammatoires, hormones), cosmétique et phytosanitaire. Leur présence dans les effluents d'élevage et dans les boues, composts et digestats d'origine urbaine est avérée et systématique. Cependant, dans la plupart des cas, leur persistance est de faible durée (de l'ordre de quelques jours).

Les effets réels, à long terme, des flux d'apports de CTO par épandage sur les terres cultivées sont relativement peu étudiés en France. Cependant, les travaux réalisés sur des CTO persistants (HAP, PCB) tendent à montrer que des apports réguliers de Mafor, en conditions « normales », ne généreraient pas d'augmentation des stocks de CTO présents dans les sols.

Présents naturellement dans l'environnement, les ETM sont constitués des oligo-éléments (métaux et autres) indispensables à la vie (cuivre, zinc, bore, nickel, vanadium, sélénium, molybdène, chrome, etc.) et d'autres éléments non indispensables à la vie tels que le mercure, le plomb et le cadmium. Au-delà d'un certain seuil de concentration, tous ces éléments peuvent être toxiques pour les êtres vivants. En effet, les ETM ne se dégradent pas.

⁶⁶ Les CTO persistants peuvent être retrouvés dans le sol jusqu'à plusieurs années après leur émission.

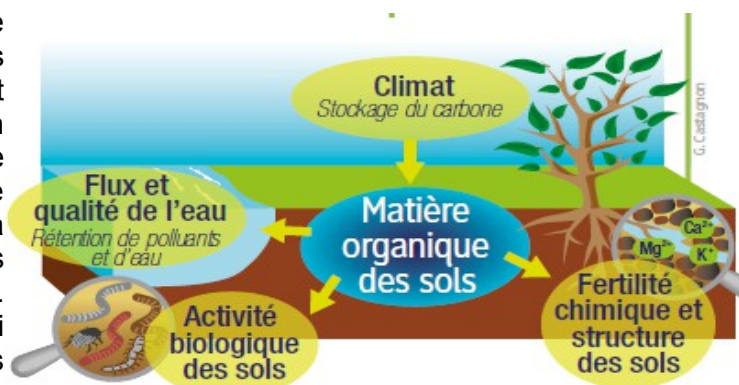
À l'échelle de la France, les effluents d'élevage seraient responsables de plus de 50 % des apports de cuivre, de zinc⁶⁷, d'arsenic, de molybdène, de mercure et de nickel ; les engrais minéraux de plus de 40 % des apports de chrome, de cadmium et de sélénium ; les boues et composts d'origine urbaine ne dépasseraient pas 20 % des apports totaux en ETM. Il est bien évident que ces valeurs moyennes nationales ne sont pas le reflet des disparités des situations régionales.

Sur le plan réglementaire, à ce jour, 9 ETM (cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, zinc, arsenic, sélénium) sont encadrés par différents textes et normes pour ce qui concerne leurs concentrations maximales dans certaines Mafor et leur flux d'apport autorisés dans les sols.

En ce qui concerne les concentrations en ETM mesurées dans les sols, les teneurs constatées aujourd'hui (réseau de mesure de la qualité des sols) ne distinguent pas la part pédo-géochimique naturelle de celle d'origine anthropique. Ces études montrent une très faible contamination des terres agricoles et des forêts au regard de ce qui est observé dans certains sites et sols pollués par les activités industrielles humaines (passées ou actuelles). Par ailleurs, ces risques qui nécessitent vigilance sont à mettre en balance avec les avantages établis des procédures de recyclage agricole (stockage du carbone, recyclage de l'azote et du phosphore, économies d'énergie...).

1.4.5. Agriculture et forêt : un enjeu de fertilité au service de la production alimentaire et de bio-produits

L'agriculture et la forêt se « nourrissent » du sol duquel elles tirent les éléments minéraux et l'eau dont elles ont besoin. En retour l'activité photosynthétique permet de fournir au sol le carbone organique qui est à la base des services écosystémiques qu'il peut rendre. Il s'agit d'un équilibre fragile qui peut facilement être déplacé vers une dégradation du milieu par des pratiques inadéquates, mais aussi d'un équilibre dynamique que valorise la production : un sol qui produit des végétaux « travaille », il est plus riche en organismes vivants, améliore sa structure et son potentiel de services écosystémiques.



⁶⁷ Le cuivre et le zinc sont les ETM les plus apportés aux sols agricoles recevant des effluents d'élevage. Ainsi, l'épandage d'un lisier de porc, en quantité agronomique raisonnable, pourrait enrichir les teneurs en cuivre et zinc de 1 à 2 % de la partie la plus superficielle du sol. Ces valeurs sont réputées supérieures aux exportations de cuivre et de zinc (besoin des plantes, érosion, lixiviation). Une augmentation progressive des concentrations en ces ETM dans les sols pourrait donc résulter d'épandages répétés de ce type d'effluent sur les mêmes parcelles.

1.4.5.1. Maintenir la capacité de production

L'un des enjeux d'une gestion durable des sols consiste à maintenir une fertilité optimale pour garder durablement la capacité productive de l'agriculture française dans une perspective de sécurité alimentaire, ainsi que celle de la forêt dans un contexte de besoins accrus de bio-produits et de bioénergie renouvelables.

En effet, l'agriculture française a une vocation exportatrice qui la situe dans une posture de solidarité alimentaire internationale qui ne fera que s'accroître. Outre la croissance démographique qui nous fera passer d'ici 2050 à 9 milliards d'habitants, les conséquences du changement climatique (température, déficit hydrique, événements exceptionnels...) mettront en tension plus fortement certaines parties du monde (Asie, Afrique, bassin méditerranéen) nécessitant de ce fait le maintien d'une importante capacité productive dans les zones moins affectées, dont l'Europe et la France.

Le mécanisme photosynthétique à l'origine de la production agricole et forestière fait de ces secteurs une véritable « pompe à carbone » capable de contribuer au stockage de carbone dans le sol et la végétation, de façon directe via les produits et de façon indirecte via la substitution opérée grâce à la bio-économie (matériaux bois, biochimie, biocarburants...). Agriculture et forêt sont donc appelées à jouer un rôle majeur dans la bio-économie.

1.4.5.2. Améliorer le fonctionnement du sol

Dans le sol, les matières organiques jouent un rôle pivot pour le bon fonctionnement et la durabilité des systèmes agricoles et forestiers : stabilité des sols, stockage de carbone, réserve utile en eau⁶⁸, qualité des eaux, biodiversité... Certains de ces services sont conditionnés par leur présence en quantité, d'autres par leur dégradation au bénéfice de l'alimentation des plantes et de la biodiversité des sols.

Au sein des parcelles agricoles, certaines pratiques peuvent se traduire dans la durée par une déstructuration du sol par tassement, la formation de semelles de labour, l'érosion des sols nus qui s'expriment par une perte de fertilité. À l'inverse, il est possible d'identifier des pratiques favorables à un bon fonctionnement du sol :

- alimenter le sol en permanence par le retour maximal de la matière organique dans le sol, la fertilisation organique et les composts, la couverture végétale, les intercultures ;
- renforcer la structure des sols et leur stabilité vis-à-vis de la pluie par une maîtrise des impacts de la mécanisation, notamment via les techniques culturales simplifiées du sol et une couverture permanente qui limite en outre les transferts de contaminant, les bandes enherbées ou l'enherbement des vignes, les haies et l'agroforesterie ;
- préserver les sols riches en carbone et accroître la capacité de stockage des autres par la limitation du changement d'usage conduisant à retourner les prairies ou à les consommer pour l'urbanisation, ainsi que par la gestion des prairies et des cultures ;

⁶⁸ La réserve utile est la quantité d'eau que le sol peut absorber et restituer à la plante.

- plus largement, favoriser des systèmes de production plus intégratifs dans le temps et dans l'espace, prenant en compte des rotations de longue durée, ne s'intéressant pas seulement à la partie visible de la plante, mais au sol qui en est le support nourricier, et en raisonnant pas seulement à la parcelle, mais à l'exploitation et au territoire.

Estimation de l'impact des pratiques agricoles sur le stockage du carbone

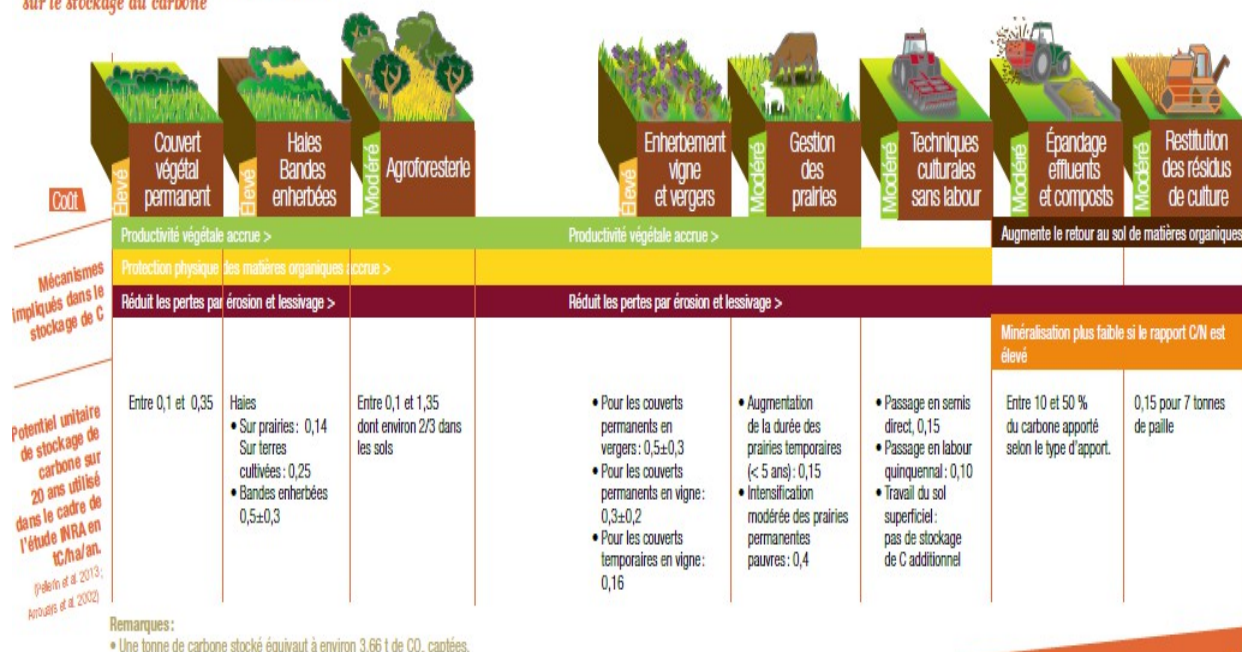


Figure 8 : Impact des pratiques agricoles sur le stockage du carbone et la matière organique (sources : Inra, Pellerin et al 2013 ; Arrouays et al 2002 ; Ademe 2014)

En forêt, il faut maîtriser les impacts des exploitations tout en sécurisant les approvisionnements : outre les mesures de gestion en vigueur relatives aux cloisonnements d'exploitation pour la circulation des engins, les pistes d'actions concernent la conception de machines ou de systèmes d'exploitation à impact réduit, et la programmation des coupes (période, logistique) pour s'adapter aux aléas météorologiques notamment hivernaux. Dans le cadre d'une demande accrue de bois énergie, des bonnes pratiques d'exploitations mécanisées des premières éclaircies et de récoltes de houppiers dans les coupes finales, sont en cours de définition pour préserver la fertilité minérale. À l'occasion des opérations de régénération par plantation qui s'avéreront nécessaires dans le cadre de l'adaptation des forêts au changement climatique, il conviendra également d'utiliser des modalités de travail du sol innovantes veillant à limiter le tassement et le déstockage de carbone.

1.4.5.3. Une prise de conscience accrue

Le sol vivant est le premier outil de travail des agriculteurs et ceux-ci en ont une conscience accrue ces dernières années. Alors que la mécanisation, l'énergie et la chimie issue du pétrole ont grandement amélioré la productivité de l'agriculture, les producteurs ont perçu la limite de pratiques qui négligeaient les fonctions assurées par

le sol et qui se sont traduites par une réduction des rendements sur les sols fragiles. Cependant, le sol étant perçu comme un capital faisant partie de la sphère privée de l'exploitation, le besoin de faire des états des lieux est rarement ressenti, même s'il est prévu explicitement dans les procédures de fermage. La pratique d'analyses de sol, selon des méthodes très hétérogènes, relève d'une démarche personnelle et volontaire, soit directement utilitaire pour gérer la fertilisation, soit plus transversale pour évaluer et piloter globalement le bon fonctionnement agronomique du sol.

Depuis quelques années, les initiatives et colloques se multiplient à partir de « mouvements » marquant un retour à l'agronomie et à l'optimisation du fonctionnement du sol : agriculture écologiquement intensive, agriculture de conservation, institut d'agriculture durable...

Le projet agro-écologique inscrit dans la loi d'avenir agricole d'octobre 2014 porte cette philosophie en « valorisant les interactions biologiques positives au sein de l'agrosystème » dont le sol est le pivot (eau, azote, carbone...). Le sol apparaît même explicitement dans la grille d'évaluation des performances et des pratiques agro-écologiques qui sera à disposition des agriculteurs et des conseillers au 4^e trimestre 2015. Deux items y sont abordés : l'érosion et le lessivage d'une part, la fertilité et la matière organique d'autre part. L'amélioration et la préservation de la qualité des sols constituent l'un des dix indicateurs de résultat du plan d'action agro-écologie⁶⁹.

La politique agricole commune (PAC) commence à intégrer, depuis 2014, mais de façon le plus souvent implicite, des incitations à la préservation et à l'amélioration des fonctions du sol. Les leviers budgétaires de la PAC seront orientés pour favoriser les changements de pratiques, ainsi que les investissements et l'animation nécessaires au développement de l'agro-écologie. Le verdissement du 1^{er} pilier de la PAC est un signal avec des critères bénéfiques aux sols : les surfaces d'intérêt écologique et le maintien des prairies qui limitent l'érosion et stockent le carbone. Par ailleurs, certaines aides couplées sont mobilisées, par exemple pour les protéagineux, afin de renforcer les synergies entre cultures et élevage.

L'agro-écologie sera une priorité pour la mobilisation des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) de la PAC, en lien avec les Régions, dans une double dynamique : certaines MAEC répondant à des enjeux ciblés (réduction d'intrants, biodiversité, agroforesterie...), tandis que des « MAEC système » permettront d'accompagner des changements de pratiques dans une approche globale sur l'exploitation, en prenant en compte plusieurs enjeux dont les sols, qui en sont le plus souvent intégrateurs. Par ailleurs, une majoration des aides sera accordée aux agriculteurs qui s'installent avec un projet orienté autour de l'agro-écologie. Enfin, les dépenses de formation, de conseil et d'animation, indispensables pour mettre en œuvre et diffuser les nouveaux systèmes, seront cofinancées. Un guide méthodologique a été élaboré pour accompagner les nouvelles autorités de gestion que sont depuis 2014 les conseils régionaux, dans le choix des différents leviers et mesures possibles.

La fertilité des sols forestiers est, quant à elle, héritée du contexte naturel et des impacts induits par les changements globaux et par les pratiques de gestion antérieures. Les sols forestiers ont souvent une fertilité limitée et une capacité limitée à récupérer d'une dégradation (REGFOR, 2013). En l'occurrence, ils correspondent

⁶⁹ Ce plan s'articule autour de trois types d'action : regrouper, structurer et compléter les expériences et les connaissances en matière d'agro-écologie ; organiser et amplifier les capacités de diffusion, en s'appuyant sur la diversité des acteurs dans le domaine de la formation et de l'accompagnement technique ; inciter individuellement et collectivement les agriculteurs à se convertir à de nouvelles pratiques et à les maintenir dans la durée.

souvent à des terrains non valorisables par l'agriculture (notamment les sols les plus acides ou les plus superficiels ou les moins accessibles), avec des surfaces notables dégradées par les pratiques historiques (surexploitation de taillis pour les forges et verreries, exploitation des litières pour l'amendement de terrains cultivés ...) et plus récemment perturbées par les pollutions atmosphériques (acidification par les retombées soufrées et azotées). Au contraire des pratiques agricoles, les forestiers ne recourent que marginalement à des intrants ou au travail du sol pour gérer la fertilité, mais ils doivent faire preuve de vigilance notamment vis-à-vis du tassement du sol dans une perspective de prélèvements plus intensifs de bois en forêt.

1.4.6. Le sol et le climat sont étroitement liés à de nombreux égards

S'il est affecté par le changement climatique, le sol bien géré est un milieu essentiel pour contribuer à son atténuation.

1.4.6.1. Le sol a la capacité de capter et stocker du carbone

Les sols constituent, au niveau mondial (océans et roches sédimentaires exclus), le premier stock de carbone biologique. Il est ainsi trois fois plus important que le stock atmosphérique, et quatre fois plus que celui de la biomasse des plantes et des arbres.

Il est donc fondamental pour lutter contre le changement climatique que la quantité de carbone stockée par les sols se maintienne et si possible augmente. Dans ce cadre, deux facteurs entrent en compte : le type d'occupation du sol d'une part, les pratiques de gestion pour une occupation donnée d'autre part.

L'occupation du sol influe beaucoup sur sa capacité à stocker du carbone :

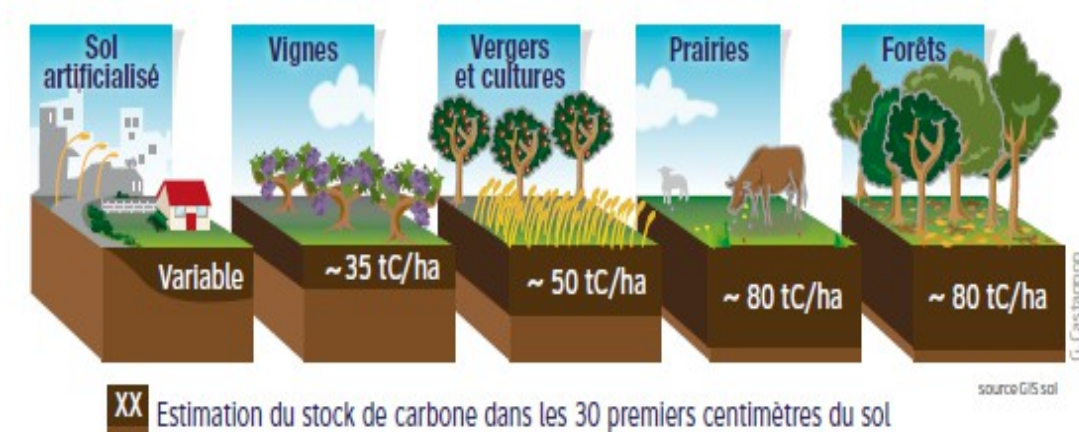


Figure 9 : Stock de carbone dans les 30 premiers centimètres du sol (source : Gis Sol/ADEME)

Ainsi, tout comme la forêt, les prairies stockent beaucoup de carbone dans les sols, mais avec une grande sensibilité au climat⁷⁰. En revanche, la mise en culture ou le retournement des prairies conduisent à d'importantes émissions de gaz à effet de serre (GES), avec un effet beaucoup plus rapide que celui de la séquestration.

Concernant les terres arables, certaines pratiques agro-écologiques (non labour et semis direct dans une couverture végétale - résidus de la culture précédente ou plante de couverture associée, présence de haies et agroforesterie) permettent à l'inverse d'accroître le stockage de carbone. Dans les sols agricoles, il peut ainsi devenir parfois très important lorsque des bonnes pratiques agronomiques et de gestion des prairies par des troupeaux permettent de restaurer des terres ou des pâturages dégradés. A ce titre les systèmes de polyculture-élevage tiennent une position clé. Inversement, l'artificialisation des terres arables et surtout des prairies, conduit à d'importantes émissions de GES, irréversibles en cas d'urbanisation.

Les sols forestiers comportent des stocks de carbone importants, du même ordre de grandeur que la biomasse aérienne, mais la dynamique de ce carbone est mal connue⁷¹. Le carbone des couches superficielles (organiques) est très sensible aux perturbations naturelles et anthropiques, mais il peut revenir à un état d'équilibre sous réserve minima d'un maintien du couvert boisé et des retours de litière au sol (Jandl et al., 2007). L'impact des pratiques sylvicoles sur les stocks de carbone du sol reste également très mal connu. La comparaison de deux campagnes comparables d'analyses de sols sur les périodes 1993-1995 et 2007-2012 menées sur le réseau RENECOFOR a ainsi mis en évidence que les stocks de carbone organique des sols dans les forêts publiques ont augmenté de manière significative et importante, en moyenne de +0,34 t C/ha/an sur l'ensemble du sol minéral et de la litière, sans que l'on sache encore en expliquer les raisons⁷².

Par l'adoption en 2013 de la décision 529/2013/EU, l'Union européenne va rendre obligatoire pour les États membres la mise en place d'une comptabilité de leurs émissions/absorptions de GES, intégrant les variations des stocks de carbone des sols. Ce seront d'abord celles liées à la gestion forestière à partir de 2013, puis celles liées à la gestion des terres cultivées à partir de 2021. Cette décision témoigne d'un premier pas vers l'intégration future de la question de l'usage des sols dans les engagements de l'Union européenne en matière de réduction des émissions de GES.

Au niveau national, la France a élaboré un projet de stratégie « bas carbone », en application d'une décision de la COP 16 de CANCUN en 2010 de la Convention cadre des nations unies sur le changement climatique (CCNUCC) traduite par le règlement européen n° 525/2013 du 21 mai 2013.

Afin de contribuer au mieux à l'objectif européen de réduction des GES à hauteur de 40 % d'ici 2030 par rapport à 1990, les objectifs ambitieux concernant le sol sont proposés ainsi :

- artificialisation réduite à -10 000 ha/an en 2035,

⁷⁰ Il faut noter que les aléas climatiques extrêmes peuvent faire chuter les stocks de carbone dans les sols.

⁷¹ Surtout en forêt où la variabilité spatiale des propriétés est forte rendant les suivis temporels complexes et coûteux (Jandl et al., 2014)

⁷² Source : NICOLAS M., 2015 : RENECOFOR – Bilan technique de l'année 2014

- afforestation évaluée environ à 300 000 ha,
- maintien des prairies permanentes au-delà de l'obligation communautaire actuelle dans la PAC,
- développement des légumineuses : 7 % dans les grandes cultures, 10 % dans les prairies,
- développement des cultures intermédiaires à hauteur de 80 % des cultures de printemps, augmentation des techniques culturales avec semis direct, réimplantation de haies et développement de l'agroforesterie.

1.4.6.2. Le sol par ses changements d'usage contribue aux émissions de gaz à effet de serre (GES)

L'inventaire national des émissions de GES 2014 fait apparaître un bilan net des émissions relatives au changement d'utilisation des terres en 2012 en France évalué à 27,8 Mt CO₂/an.

Les émissions observées au sein des terres agricoles se répartissent en deux causes d'ampleur équivalente :

- le changement d'usage en faveur de l'urbanisme et des infrastructures (14 millions de tonnes de CO₂/an en émissions)⁷³ ;
- le retournement des prairies dont l'effet en émission est supérieur à celui du stockage de C dans le sol (bilan global = 13,8 Mt CO₂/an).

Dans un contexte de pénurie, les terres considérées comme marginales sont à considérer avec attention. Les friches végétales ne sont pas des vides inutiles dans la mesure où elles stockent aussi du carbone, et elles peuvent retrouver une vocation agricole ou forestière.

Outre son rôle en matière de stockage ou d'émission de GES, la couverture du sol a un rôle en matière d'atténuation de la chaleur. Le rôle des forêts et de leurs lisières, ainsi que des haies ou de l'agroforesterie, est connu de longue date des agriculteurs pour offrir une ombre aux animaux, un obstacle aux circulations d'air chaud ou asséchant. La canicule de 2003 a par ailleurs permis d'identifier en ville le phénomène des îlots de chaleur, que le changement climatique en cours va développer. Au sein d'une même ville, des différences significatives de température peuvent être relevées selon la nature de l'occupation du sol (forêt, étendues d'eau, banlieue, ville dense....), l'albédo, le relief et l'exposition (versant sud ou nord), et bien entendu selon la saison et le type de temps.

1.4.6.3. L'enjeu de la résilience des sols

Le préalable au bon développement de pratiques culturales favorables au climat est une bonne adaptation au changement climatique des productions agricoles et forestières. Concernant l'agriculture, cette adaptation passera par une combinaison

⁷³ De plus, le phénomène d'étalement urbain, a, outre son caractère irréversible, des effets indirects sur le climat et sur la sécurité alimentaire mondiale.

d'éléments conjuguant choix des variétés, pratiques culturales, et disponibilité de l'eau. Compte tenu de la durée des cycles forestiers, l'adaptation des forêts au changement climatique est certainement un défi majeur. Il faut pour cela être en mesure de faire un diagnostic de la vulnérabilité des peuplements et le faire évoluer en fonction de l'actualisation des connaissances sur l'évolution du climat, afin de choisir de conserver les essences en place ou au contraire d'introduire des provenances ou des essences mieux adaptées aux conditions futures. Dans tous les cas, la réserve utile du sol est un paramètre essentiel, une culture ou un peuplement poussant sur un sol ayant une faible capacité à retenir l'eau sera plus sensible à une augmentation de la fréquence et/ou de l'intensité des stress hydriques.

Or le changement climatique va impacter lourdement les services rendus par le sol :

- La production alimentaire : l'Inra et Arvalis ont établi que l'actuelle stagnation des rendements agricoles observée en France depuis 1996, après des décennies de croissance continue, est due en partie au changement climatique qui vient contrecarrer le progrès agronomique et variétal ;
- La fourniture de bio-produits énergétiques et matériaux : comme la forêt, l'agriculture aura de surcroît un rôle important à jouer pour substituer dans nos consommations des bio-produits renouvelables à des produits issus de sources fossiles ou minérales en voie d'épuisement ou limitées, dans tous les cas non renouvelables et dont la mise en œuvre est davantage émettrice de GES ;
- L'érosion sous l'effet des pluies violentes : il est établi que le dérèglement climatique conduit à une plus grande fréquence d'événements extrêmes, de forte intensité des pluies... qui auront un effet destructeur accru par la violence des impacts, laissant augurer de phénomènes d'érosion aggravés ;
- L'inondation de zones côtières fortement peuplées : le relèvement du niveau des océans conjugué aux événements extrêmes cités précédemment se traduira par des inondations importantes des zones côtières fortement peuplées, altérant la fonction support de l'urbanisation des sols de ces régions ;
- Les outre-mer concentrent l'aggravation des risques naturels climatiques, notamment du fait de la fréquence des tempêtes, cyclones et de l'élévation du niveau de la mer. Cela se traduit notamment par une accentuation de l'érosion due à la pente et à la nature du sol, un risque plus élevé d'érosion du trait de côte, ainsi que de salinisation des sols par remontée du biseau salé marin⁷⁴.

1.4.6.4. Raisonner globalement le « secteur des terres »

Le dernier rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a reconnu l'importance globale du « secteur des terres » qui regroupe l'agriculture, la forêt, les sols et l'usage des terres, pour une comptabilisation intégrée des GES. Ceci est nouveau et de nature à permettre un raisonnement transversal des émissions du secteur « vues du ciel ».

En effet, alors que la fonction photosynthétique de l'agriculture et de la forêt, ainsi que la fonction microbiologique des sols confèrent à ce secteur « vivant » des capacités de

⁷⁴ La remontée du biseau salé affecte également certains secteurs de métropole.

stockage/déstockage en fortes interactions, les modes actuels de comptabilisation des GES conduisent à une vision très segmentée.

La gestion forestière fait l'objet, depuis les premiers accords sur le climat, d'une attention particulière et d'une comptabilisation précise, du fait de l'impact massif de la déforestation, principalement dans les zones tropicales, sur les émissions planétaires. En revanche l'usage des terres ne fait l'objet que d'inventaires facultatifs et encore très approximatifs⁷⁵ de la part des pays. En outre, l'agriculture est comptabilisée sur ses seules émissions directes, dans un compartiment où elle côtoie l'habitat et le transport.

À l'occasion de la COP 21, l'évolution initiée dans le rapport du GIEC et portée au niveau européen, devrait rendre plus visible une politique en faveur d'une meilleure gestion de ce secteur des terres, pris dans sa globalité.

1.4.7. Les sols et la régulation du cycle de l'eau

Le sol régule le régime des eaux superficielles et l'alimentation des eaux souterraines. Il détermine le partage entre ruissellement et infiltration des eaux de pluie. Il permet aussi l'alimentation en eau de la biosphère qui restitue une partie de cette eau à l'atmosphère via la transpiration des plantes. L'eau contenue dans le sol joue un rôle prépondérant dans de nombreux processus environnementaux par la dissolution, le dépôt, la transformation, la dégradation et le transport de nombreuses substances.

La circulation et la pénétration de l'eau jusqu'aux nappes sont très dépendantes de l'état du sol. Ainsi, ruissellement, érosion, engorgement des sols sont liés aux caractéristiques du sol (porosité...), à son occupation (imperméabilisation, couverture herbacée, sols nus, disposition du paysage, réseaux de haies et fossés...) et peuvent être aggravés par certaines pratiques qui influent sur la structuration du sol (en créant par exemple des semelles de labour...). C'est donc dans tous les sols, urbains ou agricoles, qu'il est possible d'agir pour améliorer la circulation et la pénétration de l'eau.

La perméabilité des sols permet en outre d'assurer une meilleure infiltration des eaux surabondantes et les rend plus efficaces pour limiter les inondations. Ici encore, elle est à favoriser dans les zones agricoles, naturelles, et les espaces verts des zones urbanisées, dans une organisation de l'espace qui rende leurs fonctions les plus résilientes possibles vis-à-vis des inondations. Ces fonctions des sols relatives à la régulation des eaux requièrent une forte solidarité des territoires amont/aval dans la conception de leur aménagement. C'est la raison pour laquelle les SDAGE (par exemple celui du bassin Rhône-Méditerranée) s'en saisissent pour aborder les questions de planification urbaine en lien avec leurs objectifs aquatiques.

Une bonne alimentation hydrique passe par un sol bien structuré. Il est possible d'agir sur le sol pour rendre l'eau efficace dans l'alimentation des cultures. Des expérimentations sur maïs⁷⁶ montreraient une efficacité améliorée de 30% en semis direct, car un enracinement plus profond et vertical permet l'infiltration des eaux de pluies et de l'irrigation, le ressuyage en fin d'hiver et la capillarité de bas en haut en période sèche. À l'inverse le labour favoriserait la circulation horizontale et la constitution de semelles de labour.

⁷⁵ Sujet complexe et méthodes de mesure encore peu opérationnelles

⁷⁶ Menées par Agro d'Oc Union des Ceta d'Oc

Il existe un lien fort entre la gestion de l'eau du sol et celle de la matière organique : la structuration est le fait des racines et sera d'autant plus active que le sol fonctionne en produisant des végétaux et concomitamment un chevelu racinaire. La matière organique alimente les micro-organismes et les vers de terre qui contribuent à leur tour à l'aération du sol et à sa capacité d'infiltration et de rétention de l'eau utile aux plantes.

1.4.8. La biodiversité et les sols : un réservoir à préserver et à valoriser

Si la nature du sol détermine les paysages et donc la diversité des espèces animales et végétales qui s'y développent, une fraction de biodiversité bien plus importante réside dans les sols eux-mêmes et pourrait représenter, selon les estimations, près du quart de la biodiversité mondiale, encore très mal connue.

Les communautés de micro-organismes qui s'y développent présentent une profusion de formes de vie et de fonctions : ils sont à la fois des « chimistes » en charge de la décomposition et de la transformation des matières organiques en éléments assimilables par les plantes, des « régulateurs » contrôlant l'activité des décomposeurs et des bio-agresseurs, ainsi que des « ingénieurs » entretenant la structure du sol. Certains sont également des pathogènes des plantes, des animaux ou des hommes.

Des essais sont menés pour reconstituer des sols pollués au point que toute vie a disparu, en alternant différents types de sol⁷⁷. Le sol dispose d'une capacité à retrouver rapidement (4-5 ans) une activité par des micro-organismes qui recolonisent l'ensemble, même si la diversité biologique nécessitera un temps beaucoup plus long pour retrouver sa richesse.

Il y a tout un enjeu de connaissance de cette biodiversité du sol afin d'en permettre une meilleure préservation et une meilleure valorisation des fonctions citées précédemment : pour une agriculture moins consommatrice en intrants (régulation de la pression parasitaire par les nématodes, entretien de la fertilité chimique par la diversité microbienne...), pour des usages nouveaux encore inconnus comme la production de matériaux ou de médicaments (sachant que de nombreux antibiotiques présents sur le marché proviennent à l'origine de bactéries du sol). On est donc en présence d'un réservoir potentiel immense, dont la connaissance commence à être abordée par de rares programmes de recherche.

Si les caractéristiques des sols déterminent la diversité des espèces végétales et animales terrestres, les paramètres locaux comme l'occupation du sol influencent fortement la richesse et la diversité de cette biodiversité. Au-delà de l'occupation des parcelles et des pratiques qui s'y développent, la segmentation de plus en plus rapide des espaces est un facteur d'appauvrissement et une menace pour certaines communautés végétales ou animales. Ceci concerne aussi bien les grandes infrastructures de transport ou l'urbanisme, que l'uniformisation des paysages agricoles qui font disparaître les liaisons naturelles dont ont besoin certaines espèces. Il existe bien une trame verte et bleue instaurée lors du Grenelle de l'environnement, peut-on viser une trame brune qui intégrerait également les sols ?

⁷⁷ Restitution 2015 du programme GESSOL : Biotechnosol, présenté par Jérôme Cortet (CNRS)

1.4.9. L'enjeu de la connaissance

Pour bien gérer les sols encore faut-il bien les connaître et disposer des techniques et des méthodes basées sur les meilleures connaissances scientifiques. La recherche et l'innovation ainsi que la mise à disposition de données fiables sur l'état et les fonctions des sols, sont des enjeux transversaux importants pour mettre en œuvre une bonne gestion durable des sols.

1.4.9.1. Une communauté scientifique active orpheline de programmes dédiés

La communauté scientifique qui travaille en France sur les sols mobilise plusieurs centaines de personnes dispersées entre de nombreuses institutions. Avec l'ensemble des dispositifs de soutien à la recherche-développement, elle est présentée en annexe 3.

Outre les actions propres aux organismes, l'essentiel des projets de recherche concernant les sols ont été soutenus principalement par l'agence nationale de la recherche (ANR), le MEDDE, le MAAF et l'Ademe. Quelques projets ont également été financés par l'Union européenne au cours du 7^{ème} programme cadre européen de recherche et développement. Par ailleurs, le MEDDE s'est associé à l'échelon européen à d'autres administrations et agences nationales de financement de la recherche pour conduire un programme en appui aux politiques publiques de gestion des sols contaminés, des sols urbains et des usages des sols.

Depuis sa création, l'ANR n'a pas conduit de programme spécifiquement dédié aux sols et elle ne finance aucune animation scientifique dans ce domaine. Néanmoins, une centaine de projets mentionnant le sol ont été financés entre 2006 et 2014 pour un montant total de 50 M€.

Le principal programme de recherche national sur les sols conduit au cours des dernières années est le programme Gessol destiné à structurer une communauté de recherche sur la gestion des sols, fournir aux décideurs publics et aux usagers des sols des connaissances et des outils opérationnels pour évaluer, surveiller, gérer, voire améliorer la qualité des sols. À la suite de trois appels à projets, 46 projets ont été sélectionnés pour un financement total de 5,8 M€. Gessol a permis de susciter des recherches pluridisciplinaires. Il a donné lieu à un important effort d'animation scientifique⁷⁸, incluant une programmation associant des porteurs de politiques publiques, des séminaires de lancement, de mi-parcours et de restitution pour chacune des vagues d'appels à projets, des colloques thématiques et la production d'ouvrages de synthèse. Des inquiétudes ont clairement été émises auprès de la mission concernant la réduction des crédits recherche consacrés aux sols, notamment la disparition de Gessol, ainsi que la fragilité structurelle de l'unité Infosol.

Les appels à projets financés sur le compte d'affectation spécial de développement agricole et rural (Casdar), géré par le MAAF, n'ont pas de thématique sol explicite. Ils ont néanmoins permis de soutenir entre 2004 et 2013, pour un montant total proche de 15 M€, une quarantaine de projets portés par des instituts techniques agricoles ou des chambres d'agriculture et directement ou indirectement liés au sol.

⁷⁸ L'animation du programme a bénéficié d'un financement de 626 k€ assuré par le MEDDE.

De son côté l'Ademe consacre un programme spécifique à la gestion durable des sols et sous-sols, à la réhabilitation des sols pollués et à la reconquête des fonciers dégradés, ainsi qu'au stockage géologique du CO₂, qui a permis de retenir 13 projets en 2013 et 2014. Son programme sur l'atténuation du changement climatique pour l'agriculture et la forêt a financé une dizaine de projets concernant les sols. Dans le cadre des investissements d'avenir, l'Ademe peut également soutenir des projets sur la dépollution des sites contaminés portés par des industriels en lien avec des organismes de recherche.

Une partie des travaux de recherche sur les sols est coordonnée au travers de plusieurs groupements d'intérêt scientifique (Gis) : le Gis « changements d'affectation des sols » centré sur les déterminants et les effets de ces changements, ainsi que plusieurs groupements spécialisés sur les sols pollués⁷⁹.

Le dispositif de coordination compte également des réseaux mixtes technologiques (RMT) qui concernent plus ou moins directement les sols : le RMT « Fertilisation et environnement », le RMT « Sols et territoires », ainsi que le RMT « Aforce » qui a identifié des besoins de connaissances vis-à-vis des sols forestiers.

Plusieurs pôles de compétitivité sont susceptibles de préparer des projets innovants sur les sols associant des entreprises et des laboratoires de recherche, notamment les pôles Axelera, Dream, Advancity, Team.

Trois systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement (Soere), labellisés par l'alliance AllEnvi, sont dédiés à l'étude des sols et à leur fonctionnement, plusieurs autres Soere traitant également des cycles biogéochimiques intéressant les sols (tourbières, bassins versants). Enfin, un réseau regroupe un ensemble de sept sites représentatifs de diverses problématiques de gestion des sols pollués.

1.4.9.2. Un dispositif de connaissance des sols à consolider

L'organisation de la production, de la bancarisation et de la diffusion des différents types de données sur les sols est présentée en annexe 4.

La France qui accusait à la fin des années 1990, un déficit en termes de connaissance de ses sols et de surveillance de l'évolution de leur qualité a progressé depuis. En effet, la création en 2001 du groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol)⁸⁰ et d'une unité de services « Info Sol » par l'Inra⁸¹ ont permis de coordonner une partie des programmes d'acquisition de données, de gérer ces données et en assurer la diffusion. Le Gis Sol a publié le premier rapport sur l'état des lieux de la qualité des sols de France en 2011⁸².

⁷⁹ Gis FI sur les friches industrielles en Lorraine ; Gis PILoT à Saint-Etienne et Gis EEDEMS en Rhône-Alpes sur les sols pollués ; Gis 3SP dans le Nord sur les sites et sédiments pollués.

⁸⁰ Le Gis Sol réunit les ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, l'Inra, l'Ademe, l'IRD et l'IGN.

⁸¹ Cette unité de services a pris la suite du service d'étude des sols et de la carte pédologique de France qui avait été créé en 1968 au sein de l'Inra, à Versailles, avant son transfert à Orléans en 1983. Ce service avait pour mission de réaliser la carte pédologique de la France au 1/100 000.

⁸² Il faut cependant noter que cet état des lieux « Synthèse sur l'état des sols de France » n'inclut pas les données gérées en dehors du Gis Sol. Il ne peut donc pas être considéré comme exhaustif.

Toutefois, ce dispositif ne couvre pas la totalité de la connaissance sur les sols. Un système d'information sur les risques de pollution des sols s'organise de manière autonome sous l'impulsion de la direction générale de la prévention des risques (DGPR) qui s'appuie principalement sur le BRGM qui n'est pas membre du Gis Sol. De même, d'autres dispositifs ont en charge le suivi de l'occupation des sols.

Il existe trois programmes principaux d'inventaire et de caractérisation des sols : le programme d'inventaire multi-échelles des paramètres pérennes des sols, le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS) qui permet de suivre des paramètres non pérennes⁸³ selon une périodicité régulière, le réseau de suivi de l'évolution des sols forestiers.

Les bases de données sur les sols sont nombreuses et relèvent de gestionnaires différents :

- l'unité Info sol gère les bases nationales rassemblant les données d'inventaire des sols, celles sur les analyses de terres, sur les éléments traces métalliques ;
- le BRGM gère la base nationale des sites où une activité potentiellement polluante a été ou est encore exercée, ainsi qu'une base sur les mouvements de terrain et une autre sur la géochimie des sols urbains ;
- le ministère en charge de l'environnement gère la base de données sur les sites et sols pollués qui appellent une action des pouvoirs publics ;
- le ministère de l'agriculture et le Cerema disposent de bases sur l'occupation des sols ;
- plusieurs gestionnaires rassemblent des données sur les sols forestiers ;
- l'observatoire de la biodiversité gère des données en lien avec la fonctionnalité des sols.

En matière de diffusion des données, plusieurs portails permettent chacun d'accéder à une partie des informations sur les sols.

Il semble opportun de poursuivre l'effort déjà amorcé de structuration et de mise en cohérence de l'acquisition, de la bancarisation et de la diffusion des données sur les sols. Il est également souhaitable de mieux valoriser ces données pour orienter et évaluer les politiques publiques, ainsi que cela a commencé à être fait au sein du réseau mixte technologique « Sols et territoires » créé en 2009 en complémentarité du Gis Sol. Enfin, une participation au réseau international d'institutions relatif à l'information sur les sols, qui devrait être lancé d'ici la fin de l'année 2015, est à l'étude.

Des interfaces porteuses de synergie

⁸³ Les paramètres pérennes des sols sont le type de sol, la granulométrie, la profondeur, la pierrosité, etc., alors que les paramètres non pérennes sont le carbone, les éléments traces métalliques, les éléments polluants organiques, les nutriments, les micro organismes, la faune et la flore du sol.

Les enjeux et problématiques évoqués précédemment sont traités le plus souvent de façon autonome, par des groupes d'acteurs spécialisés se référant à des savoirs, des corpus réglementaires et des interrelations qui leur sont propres. Ce faisant, ils marginalisent un certain nombre de sujets aux interfaces qui sont susceptibles de faire émerger des synergies nouvelles entre acteurs. Cette émergence de sujets transversaux est un signal faible de plus en plus perceptible. Citons par exemple :

- L'interface ville/rural, avec en particulier l'agriculture péri-urbaine ou sous influence urbaine (75 % des sièges d'exploitation sont en périurbain), en définissant une autre façon de penser le développement économique de l'agriculture en relation avec les activités urbaines qui peuvent offrir un cadre social attractif, la préservation de fonctions écologiques et des opportunités de débouchés ;
- Les sols pollués et leur réutilisation pour des usages non alimentaires ou de biodiversité en développant une notion de réversibilité adaptée à l'usage recherché ;
- L'économie circulaire depuis la valorisation des déchets pour fertiliser les sols jusqu'à la réutilisation de surfaces en friche pour répondre aux besoins des populations ;
- La gestion des sols pour une meilleure régulation de l'eau en ville et dans les bassins hydrographiques ;
- Une recherche transversale source d'innovations en associant sciences humaines et techniques.

1.5. Les sensibilités et positions des acteurs

La mission a rencontré un important panel d'acteurs de la gestion des sols. Il est intéressant d'analyser la manière dont ils appréhendent les principaux enjeux évoqués précédemment, et quelle est leur position sur les moyens d'y répondre.

Leur perception est évidemment très différente, fondée sur leur propre rapport aux sols, selon qu'il s'agisse des agriculteurs, des entrepreneurs, des chercheurs et spécialistes, des instituts techniques, des urbanistes, des associations environnementales, des administrations, des juristes⁸⁴... Il est néanmoins possible de faire ressortir, à l'issue des nombreux entretiens menés par la mission, les points sur lesquels les avis divergent nettement ou ceux au contraire qui rencontrent un assez large consensus.

Après un tour d'horizon des positions spécifiques aux différents groupes d'acteurs, seront évoqués les points de vue sur quatre questions transverses qui font débat.

⁸⁴ La mission n'a pas directement rencontré d'élus, certaines sollicitations étant restées sans suite. Toutefois, elle a eu des échanges avec l'AdCF et avec des entités placées sous le pilotage d'élus.

1.5.1. Des positions contrastées

Si les représentants de la profession agricole indiquent que le sujet du sol a toujours relié les **agriculteurs** entre eux, ils reconnaissent qu'il a largement évolué en France depuis les années 1990, avec le questionnement du modèle productif ayant accompagné la modernisation de l'agriculture dans la seconde moitié du XXe siècle. En réaction à l'agriculture dite « conventionnelle », tant la structuration d'une filière d'agriculture biologique valorisant les dynamiques naturelles, que le développement dans le secteur des grandes cultures céréalières de l'agriculture dite « de conservation », en référence à la prévention de la dégradation des sols par des pratiques de non labour et de semis direct, ont contribué à modifier la vision du sol agricole. Sans répondre à la même logique, ces types d'agriculture mettent en avant l'attention portée au sol considéré comme vivant et dont il s'agit de « prendre soin ».

Au-delà du sol « support de production », la conception d'un sol « écosystème » s'est ainsi progressivement répandue au sein de l'ensemble du secteur agricole (agriculteurs, coopératives, conseillers techniques, chambres consulaires, organismes de recherche et de développement agricole, pouvoirs publics), avec une conscience accrue de l'importance des pratiques sur son fonctionnement et sa fertilité d'une part, de son impact sur des fonctions et services concernant l'ensemble de la société d'autre part. Cette vision est soutenue par la promotion de l'agro-écologie, inscrite dans l'article L1 du code rural par la loi d'avenir pour l'agriculture, l'agroalimentaire et la forêt (LAAAF) du 13 octobre 2014. Elle a également été renforcée par les débats relatifs au changement climatique, où le rôle de stockage du carbone dans les sols cultivés et les prairies a été mis en avant, ainsi que l'influence négative ou positive des pratiques agricoles sur cette fonction.

Tout en soulignant l'impact environnemental positif de leurs pratiques, les agriculteurs les plus engagés souhaitent néanmoins conserver la maîtrise de leur « capital sol », acquise grâce à leurs propres observations, essais et retours d'expérience. Ils ont le sentiment de redevenir « patrons chez eux » et entendent rester aux commandes, sans se voir imposer de solutions. S'ils sont motivés par une approche transversale et intégrée pour mieux raisonner la gestion du sol, ils revendiquent donc une évolution dans la production des connaissances et des innovations, et un accompagnement technique différent, grâce à un accès accru à l'information et aux outils d'aide à la décision, ainsi que des protocoles co-construits de diagnostic et de suivi du sol, en notant le grand intérêt d'une mise en réseau renforcée au sein de leur profession.

D'une façon générale, les agriculteurs craignent la mise en place de contraintes particulières en termes d'usages des sols agricoles, à travers notamment des obligations de moyens uniformes, qui pourraient découler d'une volonté d'assujettir leur activité au maintien de services écosystémiques, alors que la question de la reconnaissance des services environnementaux et celle de leur valorisation économique restent en suspens.

La question d'un état des lieux de l'état du sol en entrée et en sortie de bail est le plus souvent jugée trop compliquée, sinon impossible à mettre en œuvre, compte tenu notamment de la grande variabilité spatio-temporelle des caractéristiques du sol au sein d'une exploitation. Toutefois, certains agriculteurs et groupes coopératifs souhaitent qu'à l'avenir, les indemnités de sortie de bail puissent mieux intégrer l'amélioration de la qualité agronomique des sols du fait des pratiques mises en œuvre, et que l'État encourage la réalisation d'un état des lieux qualifiant mieux l'action du fermier sur les caractéristiques et in fine la valeur du sol lors des mutations, en utilisant quelques indicateurs clés par lot homogène.

L'ensemble de la profession, élargie aux acteurs du développement et instituts techniques, souhaite la mise en place de freins efficaces à la consommation des terres agricoles, tout en reconnaissant que certains comportements individuels, notamment en fin d'activité, sont en contradiction avec cette orientation.

Les **organismes de gestion forestière**, publics et privés, ont conscience que le sol forestier constitue un des piliers de la gestion durable et multifonctionnelle des forêts, et que sa bonne gestion est une condition déterminante du maintien en bonne santé des écosystèmes forestiers, afin qu'ils soient en capacité de répondre à des attentes multiples sur le long terme, eu égard à la durée des cycles forestiers. Ils sont persuadés qu'on gagnerait à avoir une vision élargie de l'ensemble des aspects concernant les sols agricoles et forestiers. Ces derniers sont certes moins soumis aux menaces d'érosion, de baisse de la teneur en matière organique, de contamination, et de disparition par artificialisation⁸⁵, mais ils sont en revanche très concernés par les aspects relatifs à l'acidification et au maintien de la fertilité chimique⁸⁶, de préservation de leur structure, de caractérisation de la réserve utile en eau et de stockage de carbone, notamment dans le cadre du changement climatique qui peut avoir des répercussions sur l'ensemble de ces facteurs.

S'agissant des sols, qu'ils abordent avant tout sous l'angle des usages, le plus souvent de surface⁸⁷, **les industriels** déplorent une focalisation de l'attention (médias, ONG) sur leur activité sous le seul prisme des « sols pollués », qui se traduit par une assimilation systématique de leur activité à une source de pollution ponctuelle ou diffuse des sols, en dépit de la réglementation abondante sur le sujet et des progrès réalisés.

Pour les **entreprises et bureaux d'études intervenant dans la dépollution**, les amalgames fâcheux qui en découlent : friche urbaine = sol pollué (sur toute sa profondeur et sa surface), et sol pollué = déchet, participent des freins à la reconquête des friches industrielles, pourtant indispensable pour la lutte contre l'étalement urbain face à la rareté du foncier en agglomération. Il est important que les sols urbains soient eux aussi considérés comme une ressource : pour cela il est nécessaire de faire de la pédagogie, auprès des élus mais aussi auprès des services de l'administration, et de mettre en place des incitations réglementaires et fiscales en faveur du recyclage des friches.

Dans le domaine de l'**urbanisme**, les agences et centres techniques interrogés, engagés dans des démarches de prise en compte des sols dans les documents de planification, soulignent que la prise de conscience des conséquences de l'urbanisation sur les sols reste assez faible parmi les acteurs publics : les préoccupations s'expriment davantage en termes de raréfaction de l'espace disponible qu'en termes de disparition des sols et des services associés. Pour l'aménagement d'un territoire, la multiplication des enjeux à prendre en compte (développement économique, agriculture, paysage, biodiversité, prévention des risques naturels...) milite pourtant pour une approche intégrée, qui vise à évaluer les potentialités du patrimoine sol du territoire par rapport aux services attendus, de façon à préserver lors

⁸⁵ La réglementation stricte des défrichements protège efficacement la forêt contre les changements d'usage et en particulier l'urbanisation.

⁸⁶ Cette préoccupation, longtemps liée au contexte forestier, caractérisé par des sols à pH très souvent acide et une gestion plutôt extensive utilisant très peu d'intrants de nature à compenser la faiblesse ou et la diminution des réserves minérales, monte dans le milieu agricole avec le développement de l'agro-écologie.

⁸⁷ Dans certains cas, l'aspect volume est pris en compte, historiquement (carrières, mines, forages...) ou plus récemment (industries cosmétiques ou pharmaceutiques).

des choix autant que possible les sols multifonctionnels, et à anticiper les changements d'usage. Pour hiérarchiser les espaces, l'échelle du schéma de cohérence territoriale (SCOT) est selon eux pertinente, avec une traduction de la démarche dans les plans locaux d'urbanisme (PLU) en favorisant les démarches collectives (PLUI). La mission a noté toutefois un déficit global de connaissance et de partage des démarches existantes (méthodes et outils) visant à optimiser les choix d'urbanisation et de développement des activités économiques sur un territoire en prenant en compte la qualité et les services des sols⁸⁸.

Le sol ne fait pas partie des sujets sur lesquels le discours des **associations environnementales** est le plus élaboré. France nature environnement qui fédère de nombreuses associations de protection de la nature et de l'environnement, note que si la sensibilisation des élus a augmenté sur le sujet, la prise en compte du sol comme une ressource finie à économiser reste largement insuffisante. Elle porte l'objectif de « zéro artificialisation nette en 2025 », en mettant également l'accent sur la réhabilitation des friches industrielles et urbaines ainsi que la nécessité de mesures contraignantes de protection des sols dans les documents d'urbanisme, sur la base d'une cartographie avec des indicateurs de service des sols. Pour la gestion des sols agricoles, elle souhaite une entrée « sol » clairement affichée dans les mesures de la PAC (premier et second piliers) et promeut les approches intégratrices telles que l'agro-écologie.

Les chercheurs soulignent l'intérêt d'une approche coordonnée, transversale et interdisciplinaire, pour une recherche finalisée sur les sols, destinée à fournir aux décideurs publics et aux utilisateurs des outils opérationnels dans des domaines variés (planification, pratiques agricoles et forestières permettant de concilier différents services, conception et gestion d'ouvrages de prévention des pollutions, remédiation et réutilisation des sol pollués...), en réponse aux enjeux identifiés. Si les avancées en matière de connaissances sont réelles, ils ont conscience à la fois des nombreuses lacunes à combler pour mieux connaître cet écosystème complexe et son fonctionnement, ainsi que des difficultés de transfert des connaissances et du manque de sensibilisation des élus. Ils s'inquiètent ainsi de la disparition de programmes de recherche thématiques tels que GESSOL (voir annexe 3), de l'absence de visibilité des sols dans la nouvelle programmation de l'Agence nationale de la recherche, mais aussi de la pérennité du financement d'outils de suivi à long terme, tels par exemple que les programmes RMQS et IGCS du Gis Sol ou le dispositif RENECOFOR⁸⁹ piloté par l'Office national des forêts (voir annexe 4). En tant que tableaux de bord et dispositifs d'alerte, ces outils sont indispensables pour pouvoir prendre en charge le cas échéant de nouvelles thématiques, en lien avec l'avancement des connaissances (sur le changement climatique, la santé humaine...).

Les juristes de l'environnement notent que contrairement à l'eau, il n'existe pas aujourd'hui de statut juridique de la qualité des sols. Ils tendent à penser qu'un tel statut permettrait :

- de reconnaître le sol dans ses qualités et pas seulement dans sa productivité ;
- de définir un référentiel :
 - pour la protection matérielle (enlèvement) et physico-biologico-chimique ;

⁸⁸ À l'exemple du Scot de l'agglomération de Tours ou du projet Uqualisol pour le PLU de Gardanne.

⁸⁹ Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers

- pour la détermination de la responsabilité en cas d'atteinte, pénale comme civile ;
- pour la mise à disposition dans le cadre d'un bail rural ;
- pour la décontamination des sols ;
- pour la détermination des atteintes à la santé publique permettant de limiter les droits des propriétaires et autres usagers ;
- de constituer le support de définition d'une valeur économique ;
- de s'interroger sur une patrimonialisation de la qualité : chose appropriée liée à la propriété du sol ou chose commune (qui n'appartient à personne mais dont l'usage est commun à tous), distincte de la propriété du sol, dont le propriétaire du sol n'aurait que la jouissance, à charge d'en conserver la qualité⁹⁰.

1.5.2. Les points de vue sur des questions transverses

Au fil des entretiens, trois sujets transverses, en partie liés, ont émergé : la notion du sol comme bien commun ou élément du patrimoine commun et les conséquences que cela induirait, ainsi que l'opportunité et la nécessité d'une directive communautaire et/ou d'une loi française spécifique au sol. Ces questions ne font clairement pas consensus parmi les acteurs. En revanche une stratégie nationale sur les sols est perçue de manière globalement positive.

1.5.2.1. Le sol : patrimoine commun ?

Si chaque acteur raisonne au premier abord le sol sous un angle privilégié⁹¹, tous conviennent *in fine* que pour définir les éléments d'une politique, il convient de dépasser les définitions scientifiques ou techniques pour s'intéresser au sol dans toutes ses acceptions : 2D pour la qualification de ses usages et la cartographie de ses caractéristiques et propriétés, 3D pour la prise en compte de ses services écosystémiques et de ses interfaces avec les autres milieux (biosphère, atmosphère, hydrosphère et lithosphère), 4D en tant que milieu vivant réactif évoluant avec le temps, et ressource finie non renouvelable à l'échelle humaine.

Mais bien qu'aucun d'entre eux ne conteste la réalité des services écosystémiques rendus par le sol, les acteurs sont divisés au sujet des nouveaux principes introduits à l'article L.110-1 du code de l'environnement par le projet de loi sur la biodiversité, dont le texte a été adopté en première lecture par l'Assemblée nationale le 24 mars 2015.

Dans l'article 1^{er} de ce texte, les sols sont désormais mentionnés comme concourant à la constitution du patrimoine commun de la Nation. À ce titre, ils sont également visés par l'article 2 qui s'applique aux éléments constitutifs de ce patrimoine commun et qui vise la reconnaissance des services écosystémiques : « *leur connaissance, leur protection, leur mise en valeur, leur restauration, leur remise en état, leur gestion, la préservation de leur capacité à évoluer et la sauvegarde des services qu'ils fournissent*

⁹⁰ Ph. Billet – Intervention Séminaire « Sol et sciences sociales » – Dijon, 27 mai 2008

⁹¹ L'espace foncier et cadastral pour les responsables de la planification, le volume de terre qui concerne les fondations pour les aménageurs, celui qui va jusqu'à la roche-mère pour les pédologues ou jusqu'à la zone saturée pour les hydrogéologues, celui qui contient l'activité racinaire pour les agronomes ...

sont d'intérêt général et concourent à l'objectif de développement durable qui vise à satisfaire les besoins de développement et la santé des générations présentes sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs.[...] »

La communauté scientifique, les associations environnementales et certains juristes du droit de l'environnement sont favorables à de telles dispositions, en invoquant les enjeux supérieurs portés par les sols et l'insuffisance des dispositions actuelles visant à les préserver.

Les sols paraissent ainsi plus que jamais le fruit d'une dialectique entre des actions et intérêts privés, d'une part, et des actions, enjeux et intérêts collectifs, d'autre part. Philippe Billet⁹² met ainsi en avant le concept de « transpropriation », qui sans remettre en cause le droit de propriété du sol, permet d'imposer des contraintes au propriétaire quant à son usage, pour l'assujettir, au nom de l'intérêt général, au maintien de fonctions et services concernant l'ensemble de la société⁹³. Une autre juriste, spécialiste de droit rural, rappelle ainsi que « *le caractère absolu du droit de propriété privée a toujours été soumis à l'intérêt général* »⁹⁴ et la propriété foncière mise au service du patrimoine commun : la manière de gérer le foncier interagit directement sur l'évolution du fonctionnement des sols et sur l'état des services écosystémiques. Ces derniers, de diverses natures, sont précisément initiateurs de servitudes réelles ou d'ordre contractuel, à l'interface entre les intérêts particuliers et les intérêts collectifs. Ils conditionnent la qualité des sols⁹⁵. Peu à peu, l'usage privé du sol devient ainsi indirectement un exercice contrôlé au nom des intérêts collectifs. Lui conférer le caractère de patrimoine commun⁹⁶ de la Nation peut être de nature à sortir d'une segmentation juridique et à faciliter une approche globale, intégrée et systémique, des réglementations qui s'y appliquent.

Les industriels comme les professionnels du monde agricole, s'inquiètent des évolutions juridiques qui pourraient suivre de tels ajouts, en introduisant des limitations au droit de propriété et à la liberté d'entreprendre pour éviter une gestion jugée non conforme à l'intérêt général.

Le nouveau principe ajouté par le projet de loi sur la biodiversité à l'article L110-1 du code de l'environnement dans un 7° alinéa : « *Le principe de complémentarité entre l'environnement, l'agriculture et la sylviculture, reconnaissant les surfaces agricoles et forestières comme porteuses d'une biodiversité spécifique et variée, et les activités agricoles et forestières comme vecteur d'interactions écosystémiques permettant la préservation des continuités et des fonctionnalités écologiques* », pourrait aussi légitimer des exigences réglementaires environnementales à l'égard des agriculteurs. Comme indiqué plus haut, ces derniers souhaitent un meilleur équilibre dans les principes entre le rôle de l'homme et celui des écosystèmes (dont le sol) avec une

⁹² Directeur de l'institut de droit de l'environnement, responsable scientifique du projet de recherche Normasol, sur la protection juridique des fonctions et services du sol.

⁹³ À l'instar des monuments historiques, dont la qualité historique du bien appartient à la nation, justifiant ainsi que l'État puisse garantir cette qualité par un certain nombre d'actions sans que le propriétaire soit dépossédé de son bien. Dans le cas des sols, on peut s'appuyer sur cet argument pour revisiter le contenu des études d'impact, systématiser la prise en compte de critères de qualité des sols dans les documents d'urbanisme et de planification, revisiter le contenu du bail rural...

⁹⁴ Carole Hernandez-Zakine, La propriété privée au service du patrimoine commun

⁹⁵ Ph. Billet, La protection juridique de la qualité des sols

⁹⁶ Selon Carole Hernandez Zakine, docteur en droit, responsable du droit de l'agro-écologie à InVivo AgroSolutions, « décider que « *Les processus biologiques, les sols et la géodiversité concourent à la protection de ce patrimoine* » ne change rien au fait que ces éléments seront traités comme un patrimoine commun et n'atténue en rien ce traitement juridique »

approche équilibrée visant la triple performance économique, sociale et environnementale, et que l'action agricole puisse être valorisée à travers la reconnaissance des services environnementaux fournis par les acteurs eux-mêmes.

1.5.2.2. Y a-t-il besoin d'une directive européenne ?

La position qui fait consensus entre les responsables ministériels français est de ne pas s'opposer au principe d'une politique européenne de protection des sols qui couvrirait les multiples enjeux des sols, à condition qu'elle ne soit pas contraignante et n'impose pas de zonages et de programmes à mettre en œuvre. Il est accepté que la priorité des actions à mener au regard des usages des sols puisse relever du niveau communautaire mais sans objectifs chiffrés. Il conviendrait de respecter le principe de subsidiarité et de permettre des adaptations au contexte local et spécifique de chaque État membre et des politiques qu'ils auront déjà développées. Une démarche incitative plus que réglementaire est privilégiée avec une préférence pour une approche globale et positive de type maintien des services écosystémiques fournis par les sols plutôt qu'une approche fragmentaire par menace. Il paraît préférable de mobiliser en priorité des outils existants en les adaptant avant d'envisager tout texte contraignant à l'échelle européenne. En matière de sites pollués, la France souhaite que l'UE guide les États membres dans la définition d'actions concrètes, ciblées et proportionnées, afin de gérer le risque de pollution des sols en lien avec l'usage qui en est fait.

1.5.2.3. Une loi spécifique au « sol » ?

Les acteurs attachés à la reconnaissance du sol comme patrimoine commun regrettent l'abandon du projet de directive européenne, résolument fondée sur cette notion, et sont le plus souvent favorables à une loi qui viserait à créer, à l'instar de l'eau (titre I) et de l'air (titre II), un titre spécifique au sol dans le livre II du code de l'environnement, qui rassemblerait et compléterait les dispositions aujourd'hui contenues dans des codes juridiques différents : code civil, code de l'urbanisme, code rural, code forestier..., avec la nécessité de s'assurer de leur cohérence.

Les autres acteurs y sont opposés et ils ne souhaitent pas voir le sol mis sur le même plan que l'eau et l'air « qui circulent » et constituent des objets juridiques non appropriés. Ils mettent alors en avant l'intérêt d'une « simple » stratégie nationale pour répondre au besoin de mise en cohérence.

La plupart, y compris les représentants de l'administration, reconnaissent toutefois l'intérêt de renforcer la cohérence d'ensemble des différents éléments du corpus législatif sur les sols, ainsi le cas échéant que la réglementation relative à certains aspects sectoriels (recyclage des friches, mesures fiscales incitatives pour une utilisation économe des sols et la réduction de l'artificialisation, rôle accru des commissions départementales...) en estimant que « plus de sol dans les différentes politiques sectorielles » est sans doute plus efficace qu'une législation spécifique au sol.

En conclusion de cette première partie :

un consensus sur l'intérêt d'une stratégie nationale

En dépit de la divergence de points de vue au sujet de sa traduction éventuelle dans une proposition de loi, l'intérêt d'une stratégie nationale relative aux sols fait plutôt consensus : une telle stratégie donnerait de la cohérence aux politiques sectorielles et fournirait un socle plus légitime aux actions des différents acteurs, dans le cadre d'une vision transversale. Les différents secteurs d'activité souhaitent la diffusion de recommandations de bonnes pratiques et un meilleur accès à la connaissance (données, outils d'aide à la décision, démarches innovantes participatives) pour favoriser la sensibilisation et l'appropriation. Ils espèrent aussi une meilleure coordination.

Beaucoup des acteurs rencontrés ont insisté sur l'aspect prioritaire du partage d'une telle stratégie au sein même de l'administration, entre les différents ministères et leurs directions centrales d'abord, pour pouvoir envisager un relais efficace par les services déconcentrés et, plus généralement, par les acteurs de terrain.

L'intérêt a été souligné de planifier désormais l'aménagement du territoire en tenant compte des sols et de leurs qualités par rapport aux usages et services attendus, en permettant autant que possible la réversibilité des usages. Une telle incitation constituerait sans doute un levier pertinent d'une sensibilisation accrue des élus sur la multifonctionnalité des sols : les décisions publiques seraient ainsi éclairées par la représentation des effets sur les sols des différents choix envisagés. Ceci implique cependant de disposer de données bien établies sur les fonctionnalités des sols dans les territoires, de nature à permettre une meilleure compréhension des enjeux par l'ensemble des acteurs locaux, y compris les services déconcentrés de l'État.

La mission n'a pas expertisé à ce stade de réflexion, le caractère suffisant, ou non, du cadre législatif. Un premier travail lui paraît être de constituer un diagnostic et des objectifs partagés en faveur d'une action concertée pour une gestion transversale durable des sols. Sur ce point, l'établissement d'une stratégie nationale en s'appuyant sur une mise en réseau des acteurs, paraît une première étape indispensable à une meilleure prise en compte des sols dans l'ensemble des domaines d'action publique.

Beaucoup d'acteurs ont insisté sur la nécessité de traduire la stratégie nationale au niveau régional (notamment dans les Sradet), en rattachant les enjeux territoriaux prioritaires à des enjeux globaux nationaux, et en s'appuyant sur les observatoires régionaux de l'occupation des sols auxquels il faut fournir un cadre.

Des lieux d'échange et de concertation, propices à un travail en commun et à la co-construction, sont également jugés indispensables aux différents échelons territoriaux sur un sujet aussi transversal. Au plan départemental, les commissions départementales de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDPENAF) sont jugées pertinentes, à condition de ne pas représenter les seuls intérêts agricoles.

La mission souligne également à ce titre l'intérêt de constituer des réseaux d'acteurs pour faciliter une appropriation collective des enjeux par les différentes parties prenantes acteurs, en vue d'intégrer la multifonctionnalité des sols dans les stratégies de développement territorial, à l'image de l'initiative lancée depuis 2014 en Basse Normandie⁹⁷.

⁹⁷ Soutenu par le Conseil régional de Basse-Normandie, l'Institut régional du développement durable anime un projet baptisé « Sol contre tous » qui réunit 30 structures partenaires. Il a pour ambition de renforcer la connaissance mutuelle des différents acteurs (élus, chercheurs, agriculteurs, entrepreneurs, enseignants, bureaux d'études, gestionnaires de territoires, acteurs du monde associatif...) à travers des réunions participatives, qui ont aussi permis de dégager des axes d'action pour les deux années du projet (sensibiliser et former à l'agro-écologie, accompagner les élus locaux dans les démarches de planification, sensibiliser les jeunes publics, mettre en commun des outils de caractérisation du sol).

2. Deuxième partie : Propositions pour une stratégie nationale de gestion durable des sols

Construire une stratégie nécessite tout d'abord de fixer les principes qui la régissent, puis d'en proposer le cadre et les axes principaux, et enfin de suggérer une méthode pour élaborer la stratégie détaillée. Tel est l'objet de cette seconde partie.

2.1. Les principes et le cadre d'une stratégie nationale sur les sols

2.1.1. Six principes

Reconnaître aux sols leur position d'interface majeure entre les différents compartiments de l'environnement et leur rôle indispensable au développement durable de la société, à travers les innombrables services qu'ils lui rendent depuis toujours ; mettre en évidence que la capacité à rendre ces services et leur niveau d'efficacité dépendent du fonctionnement efficient de l'écosystème sol ; faire comprendre que les choix d'usage des sols et les modes de gestion associés ont des répercussions directes, positives ou négatives, sur ce fonctionnement : telles sont les ambitions d'une future stratégie nationale sur les sols, pour mettre en lumière la nécessité de mieux prendre en compte, à tous les niveaux, et en premier lieu dans les décisions publiques, la préservation de cette ressource rare et si peu renouvelable.

Face à des visions et à des cadres d'action aujourd'hui très éclatés, une stratégie nationale est de nature à donner de la cohérence aux politiques sectorielles, en reliant de façon plus lisible les actions déjà entreprises en matière de réduction de l'étalement urbain, de prévention des pollutions industrielles et agricoles, de développement d'une agriculture durable... Elle permettra également d'initier des actions nouvelles.

Six principes devraient guider l'élaboration de cette stratégie :

- la gestion des sols, et donc la stratégie associée, s'inscrit dans le **long terme** : il s'agit en effet d'une ressource naturelle, fragile et limitée, à préserver à travers des actions qu'il faut mener dans la durée pour espérer être efficace, car les processus de dégradation sont bien plus rapides que ceux qui permettent sa restauration ou sa formation ;
- la gestion des sols est **multifonctionnelle** : elle doit veiller à préserver au maximum tous les potentiels du sol, en visant, chaque fois que possible, la réversibilité des usages du sol et sa résilience, pour maintenir sa capacité à fonctionner et à fournir des services écosystémiques, notamment dans le cadre du changement climatique ;
- la stratégie fixe des **objectifs quantifiés** chaque fois que possible, inscrits dans des horizons temporels avec des jalons ;
- la vision est transverse et concerne un **champ large prenant en compte l'ensemble des déterminants et des activités**, en dépassant les éclairages

partiels donnés par chaque partie prenante en lien avec ses propres problématiques ;

- les différents groupes d'acteurs concernés sont impliqués dans un processus de **co-construction**, ce qui conforte la légitimité des actions sectorielles s'inscrivant dans la vision globale et partagée fournie par le cadre national, permet de mettre en évidence toutes les synergies d'actions possibles, et responsabilise les acteurs ;
- la stratégie nationale se décline dans les **territoires**.

2.1.2. Un cadre organisé en dix axes

La mission propose que la stratégie nationale, qui s'inscrit dans une perspective à long terme, soit établie sur une période de 10 ans avec une révision à mi-parcours. Elle s'articulera :

- autour de **quatre axes thématiques**, en lien avec les principaux enjeux évoqués dans la première partie du rapport :
 - 1/ Assurer un bon fonctionnement des sols agricoles, forestiers et naturels
 - 2/ Mieux gérer les sols urbains
 - 3/ Prévenir et remédier à la pollution des sols
 - 4/ Adapter les sols au changement climatique et renforcer leur contribution à son atténuation
- en s'appuyant sur **cinq axes transversaux** :
 - 5/ Décliner territorialement la politique des sols
 - 6/ Développer la recherche sur les sols
 - 7/ Améliorer la connaissance des sols
 - 8/ Former et sensibiliser à l'enjeu de la préservation des sols
 - 9/ Agir à l'international en faveur de la préservation des sols
- et un axe de gouvernance :
 - 10/ Mettre en place une gouvernance pour piloter et faire vivre une stratégie nationale de gestion durable des sols

Certains souhaiteraient, comme exposé dans la première partie, une évolution du cadre législatif qui introduirait des dispositions propres aux sols dans un titre spécifique du code de l'environnement, permettant de fournir un statut juridique à la qualité des sols, pour mieux reconnaître à la fois les services écosystémiques rendus par le sol et la ressource sol à l'origine de ces services.

Après analyse des différents points de vue, la mission n'a pas retenu cette évolution parmi les axes stratégiques à privilégier, en considérant que, dans un premier temps, l'adoption des axes proposés constituerait une première étape pertinente.

2.2. Les objectifs et actions des axes de la stratégie

Pour chacun des dix axes proposés, la mission suggère d'adopter un cadre organisé en quatre parties : le rappel du contexte, les objectifs visés, l'état des lieux des connaissances et les actions concrètes à mettre en œuvre pour atteindre les objectifs. La plupart de ces actions peuvent s'inscrire dans les politiques sectorielles existantes tandis que d'autres justifieraient d'un plan d'action spécifique en déclinaison de la stratégie.

Les fiches relatives aux dix axes stratégiques doivent être considérées comme un cadre général de propositions nécessitant d'être complété et approfondi et non comme l'établissement d'une stratégie aboutie. Autant que possible, les objectifs devront être quantifiés et inscrits dans un horizon temporel. Pour chacune des actions retenues, un calendrier de mise en œuvre devra être fixé, un responsable désigné et des moyens prévus.

La mission a laissé le soin aux parties prenantes de proposer ces jalons et aux ministres de les arrêter.

Axe 1 : Assurer un bon fonctionnement des sols agricoles, forestiers et naturels

Contexte

Le sol est tout à la fois un support et un milieu vivant qui supporte la plupart des systèmes de production agricoles, pastoraux et sylvicoles, ainsi que des espaces naturels.

L'un des enjeux prioritaires est donc de garder durablement la capacité productive du sol, sa fertilité, tout en permettant le bon fonctionnement des services de régulation, notamment leur potentiel épurateur pour préserver la qualité de l'eau, d'infiltration des eaux pluviales pour limiter l'érosion et les inondations, le maintien de la biodiversité, et l'atténuation du changement climatique à travers le stockage du carbone.

Cet enjeu dont la perception est grandissante chez les agriculteurs comme dans la société sera exacerbé demain où les besoins alimentaires mondiaux seront augmentés en même temps que ceux des bio-produits destinés à se substituer aux produits et énergies issus du pétrole.

Néanmoins, si elles ont permis de répondre aux objectifs fixés à l'agriculture, les pratiques des dernières décennies se sont traduites par une certaine dégradation des propriétés du sol, notamment sur les sols les plus fragiles, qu'il convient d'inverser rapidement, de façon à concilier les objectifs que s'est fixés la France en faveur d'une agriculture durable et productive, moins dépendante des énergies fossiles et de ressources naturelles non renouvelables, ainsi qu'au profit de la valorisation des terroirs.

Dans le même temps, la surface des terres cultivables, et en particulier des terres dotées du meilleur potentiel agronomique, ne cesse de diminuer au bénéfice de l'urbanisation et des infrastructures de transport⁹⁸.

Objectifs visés

- Valoriser au mieux le potentiel agronomique du sol en lui permettant une production durable et optimale ;
- Préserver sur le long terme et valoriser toutes les fonctionnalités du sol, pour assurer l'ensemble des services, en particulier ceux concernant l'eau, le stockage de carbone et la biodiversité⁹⁹ ;

⁹⁸ Cet aspect est traité dans les axes « Mieux gérer les sols urbains » et « Décliner territorialement la politique des sols »

⁹⁹ Pour l'eau : infiltration pour la prévention des inondations, la recharge des nappes et la réserve utile ; filtration pour la qualité de l'eau potable en particulier. Pour la biodiversité : diversité des espèces pour la régulation des bio-agresseurs, la régénération du sol et le réservoir de ressources génétiques.

- Fournir à l'agriculteur, au forestier et aux gestionnaires d'espaces naturels, les connaissances et les outils pour améliorer l'état de leur sol, leur permettant d'exercer ainsi leur pleine responsabilité sur ce patrimoine.

État des connaissances et des besoins

Beaucoup d'actions, engagées par des initiatives politiques nationales et internationales ou bien par des acteurs économiques, ont un impact sur les fonctions du sol. Cependant le lien est le plus souvent implicite et leur dispersion ne permet pas encore une visibilité et une prise en compte optimale du sol dont chacun s'accorde à reconnaître aujourd'hui l'importance. Il en est ainsi des orientations suivantes engagées depuis quelques mois ou années.

Le verdissement de la politique agricole commune (PAC) 2014-2020 fixe à 5% le taux de surfaces d'intérêt écologique. Il inclut comme précédemment les haies et élargit l'incitation à l'agroforesterie et à des cultures protéagineuses comme la luzerne. Il impose le non retournement des prairies permanentes et favorise la diversification des rotations. Des mesures agro-environnementales et climatiques (MAEC) favorisent les haies et l'agroforesterie, ainsi que le maintien de l'herbe. Elles permettent la prise en compte de certains bénéfices environnementaux. Cependant, ces mesures ne font pas explicitement référence à la préservation du sol, elles sont présentées le plus souvent comme une simple compensation économique de contrainte environnementale, alors qu'il est plus motivant pour le propriétaire ou l'exploitant de travailler pour améliorer son capital sol.

Le projet agro-écologique promu par le ministre en charge de l'agriculture remet l'agronomie, le sol et les organismes qui y vivent au centre des pratiques agricoles, l'agriculteur poursuivant simultanément des objectifs économiques et l'utilisation respectueuse des ressources naturelles dont il dispose. Il s'est traduit par la création d'un certain nombre d'outils dont les GIEE¹⁰⁰ et leur pendant forestier GIEEF, en complément des CETA. Il s'agit là de promouvoir la mise en commun d'analyses, de moyens et d'actions pour transformer des pratiques, le caractère transversal des fonctions du sol se prêtant tout à fait à ce travail commun.

Ainsi, les évolutions engagées par un certain nombre d'agriculteurs, en application des principes de l'agriculture durable, de l'agriculture de conservation, de l'agriculture biologique, de la certification environnementale..., ainsi que par des organismes gestionnaires et des propriétaires forestiers particulièrement attentifs à la préservation de la fertilité chimique, physique et biologique des sols, nécessitent d'être étendues au plus grand nombre. La convergence des volontés et des actions est un facteur primordial de réussite.

Pour cela le lien entre la recherche, le développement et les acteurs de terrain doit être renforcé sur des axes techniques et humains : identifier les dynamiques de changement grâce aux instituts de recherche finalisée et appliquée, poursuivre l'expérimentation système et participative pour la production de références techniques ; développer un mécanisme adapté ; impliquer l'enseignement et le conseil agricole pour accompagner le changement.

En agriculture, les leviers économiques de la politique agricole commune (PAC), qu'il s'agisse des aides directes (verdissement) ou des aides au développement durable, aujourd'hui décentralisées aux Régions, doivent s'orienter pour favoriser une triple

¹⁰⁰ Groupement d'intérêt économique et environnemental, et groupement d'intérêt économique et environnemental forestier ; Centre d'étude technique agricole

performance de l'agriculture (compétitivité, environnement et soutenabilité sociale). Les choses sont engagées, elles doivent se consolider et nécessitent une vigilance particulière, car le changement doit être accompagné dans toutes ses dimensions pour être rendu possible.

Actions à mener

Rendre l'agriculteur acteur de ses choix par une meilleure connaissance de ses sols

- Développer les diagnostics de sol : analyses multifactorielles (physique, chimique, biologique...) à unifier et à mettre à disposition très largement dans le dispositif de développement et de conseil agricole ;
- Promouvoir les groupes d'agriculteurs¹⁰¹ pour l'interprétation des diagnostics de sol et l'accompagnement des modifications de pratiques. La certification environnementale ou d'autres démarches de certification collective intégrant la vision globale du sol sont de bons outils de progrès ;
- Favoriser la réalisation d'états des lieux des parcelles/exploitations à certaines étapes, sur la base du volontariat, en les liant à certaines aides (MAEC avec un volet sols ?), les acteurs publics propriétaires fonciers particuliers (SAFER sur des terrains en attente de rétrocession, collectivités sur des périmètres de captage ou autres espaces fragiles...) pouvant l'initier lors de l'établissement ou du renouvellement des baux agricoles.

Diffuser la connaissance des pratiques agronomiques favorables au stockage de carbone et de matières organiques dans le sol

Tout l'enjeu est de redonner une place plus importante à l'agronomie, dans des conditions économiques et sociales compatibles avec les aspirations d'aujourd'hui.

- Redéfinir des itinéraires adaptés à de nouvelles caractéristiques climatiques et variétales, en incluant les aspects de matériel disponible, de machinisme et d'aide à la décision, des marchés et des filières... ;
- Mieux caractériser les services environnementaux (filtration des eaux, stockage de carbone...) que ces pratiques agronomiques permettent et les valoriser auprès de la société ;
- Diffuser les travaux de recherche et d'innovation sur les matières organiques et l'effet des pratiques, la mise à disposition de machines adaptées, d'outils d'aide à la décision ;
- Élargir au sol le champ couvert par le réseau des fermes DEPHY soutenu par le plan Ecophyto pour y intégrer le suivi d'indicateurs liés au sol et diffuser les bonnes pratiques ;
- Conforter la gestion du sol dans l'enseignement agricole et le conseil.

¹⁰¹ Ainsi que cela est déjà fait par l'observatoire des sols vivants et dans le cadre des démarches de groupes d'agriculteurs soutenues par In Vivo, Vivescia et d'autres coopératives.

Disposer d'instruments politiques et économiques incitatifs

La complexité des phénomènes en jeu pour permettre au sol de remplir au mieux ses fonctions est telle qu'il convient de placer l'agriculteur en situation de faire les meilleurs choix techniques et économiques, non par une réglementation de moyens, mais par une approche globale incitative et des outils économiques lui permettant de faire les choix pertinents.

- Donner une vision positive du sol en tant qu'élément intégrateur/patrimonial pour fonder des pratiques intensives respectueuses de l'environnement et l'explicitier dans les mesures de verdissement et les MAEC. Travailler cette question en vue de la négociation de la prochaine PAC, et de la déclinaison du FEADER par les Régions ;
- Utiliser les appels à projet du CASDAR, ou du Réseau rural français, pour faire émerger des pratiques favorables au sol, innovantes et performantes.

Construire un cadre d'actions élargi pour la gestion des sols forestiers : de la prévention des impacts à la restauration de la fertilité et la remédiation des dégâts

- Apporter un appui au développement de solutions mécanisées maîtrisant les impacts de l'exploitation sur la structure du sol, en particulier systématiser les bonnes pratiques d'exploitations mécanisées des 1ères éclaircies et les récoltes de houppiers dans les coupes finales ;
- Développer des outils d'aide à la décision multi-échelles, de la parcelle au bassin d'approvisionnement : notamment pour caractériser, à l'échelle de la parcelle, la réserve utile des sols, paramètre clé du diagnostic de la vulnérabilité des peuplements au changement climatique, et pour caractériser la sensibilité des cloisonnements d'exploitation au tassement (donc leur praticabilité) à l'échelle de la parcelle et à celle du massif ;
- Promouvoir les techniques innovantes de préparation du sol pour faciliter l'installation des peuplements dans des contextes de régénération difficile ;
- Faciliter le recyclage des cendres de bois non traité en forêt et les opérations d'amendement à but de restauration de la fertilité des sols acidifiés ;
- Élaborer des orientations pour la gestion des sols des espaces naturels et l'exploitation de leurs ressources, notamment de la biodiversité génétique.

Axe 2 : Mieux gérer les sols urbains

Contexte

L'artificialisation constitue une des principales menaces pesant sur les sols français, dont la part essentielle correspond à l'extension des zones urbanisées¹⁰². En l'absence d'outil unique de suivi, le premier rapport de l'Observatoire national de la consommation des espaces agricoles (Oncea) publié en mai 2014 estime entre 40.000 et 90.000 ha la consommation moyenne annuelle d'espaces agricoles depuis le début des années 2000, le rythme annuel ayant beaucoup augmenté entre 2000 et 2008 pour diminuer sensiblement depuis 2010. D'après l'Oncea, cette baisse du rythme s'explique probablement par l'arrivée de la crise qui a fortement touché les secteurs de la construction et l'activité économique dans son ensemble.

Le Grenelle de l'environnement a affirmé un objectif de réduction significative de l'expansion urbaine qui s'est traduit dans quatre textes de loi depuis 2010 : loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche (Map), loi portant engagement national pour l'environnement (Ene), loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (Alur) et loi d'avenir pour l'agriculture, l'agroalimentaire et la forêt (Laaf). L'axe 1 de la stratégie nationale pour la transition écologique vers un développement durable 2015-2020 rappelle les mesures prises dans le cadre de la Laaf, ainsi que dans la loi Alur. Elle précise en outre que pour lutter contre le phénomène d'artificialisation des communes littorales, un tiers du linéaire côtier français sera protégé à l'horizon 2050.

L'accent a surtout été mis sur la notion de limitation du grignotage des terres agricoles, moins sur celle d'une gestion durable des sols au sein des zones urbanisées, qui doit pourtant impérativement accompagner une logique de densification urbaine.

Objectifs visés

- **Réduire de X % l'expansion urbaine d'ici 20XX** : confirmer a minima l'objectif de réduction de moitié du rythme de consommation des terres agricoles par les urbanisations d'ici 2020, évoqué dans l'exposé des motifs de la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche n°2010-874 du 27 juillet 2010¹⁰³ et dans la stratégie nationale de la biodiversité. Cet objectif s'inscrit en conformité avec la feuille de route relative à l'efficacité des ressources en Europe publiée en 2011¹⁰⁴ qui a proposé aux États membres de l'Union européenne de stopper l'augmentation nette des terres occupées par l'urbanisation à l'horizon 2050.

¹⁰² Dont 50 % pour le logement, 30 % pour les activités économiques et commerciales et 20 % pour les infrastructures

¹⁰³ « Afin d'assurer sa pérennité, il est important d'assurer le développement durable de l'agriculture, de la forêt et des territoires, et de préserver le capital de production de l'agriculture, notamment le foncier agricole. En effet, l'enjeu de sa préservation est crucial, d'autant plus que le rythme annuel de consommation des terres agricoles s'accélère. Il a plus que doublé depuis les années soixante, passant de 35 000 hectares de terres agricoles consommés chaque année, à 75 000. Il devient urgent de mettre en œuvre une véritable politique de préservation du foncier agricole en France, en se fixant comme objectif de réduire de moitié le rythme de consommation des terres agricoles d'ici 2020. Cet enjeu est encore plus fort dans les départements d'outre-mer. Dans moins de trente ans, il n'y aura plus de surface agricole disponible dans les Antilles si rien n'est fait. »

¹⁰⁴ Feuille de route pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources – septembre 2011 pp. 18-19

- **Refonder la gestion des sols urbains pour une ville durable** : faire de la politique des sols un facteur concret de construction de la ville durable, au travers de la gestion en surface d'une part croissante des eaux pluviales, de l'augmentation de la capacité de stockage de carbone (matière organique), de l'amélioration de la capacité de filtration et d'élimination naturelle des pollutions, de l'atténuation des îlots de chaleur grâce à une diminution des surfaces minéralisées et du développement de la nature en ville.

État des connaissances et besoins

Les sols urbains, sans doute du fait leur forte artificialisation, n'ont traditionnellement pas fait l'objet d'une attention soutenue de la part des pédologues. La connaissance des sols fait l'objet de cartes réalisées à des échelles non adéquates ne permettant pas une gestion opérationnelle des territoires urbains qui tiennent compte de leurs caractéristiques.

Un déficit de connaissances affecte également les principales fonctions écologiques des sols urbains : biodiversité (interne), filtre de pollutions, réservoir en eau (cycle de l'eau), stockage de carbone, régulation thermique (traitement des îlots de chaleur (toitures végétalisées...), archéologie...

Concernant l'extension des zones urbaines, un besoin de connaissances et de méthodes subsiste. L'observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers fait encore état de multiples méthodes d'estimation des surfaces urbanisées aux résultats encore hétérogènes.

Actions à mener

Réduire l'utilisation de terrains agricoles, naturels et forestiers pour des aménagements urbains

- Définir un objectif chiffré, réaliste et mesurable, de réduction de l'extension des terrains nouvellement urbanisés, et le décliner dans les documents stratégiques de planification territoriale ;
- Promouvoir des projets d'urbanisation moins consommateurs d'espace ;
- Systématiser la saisine des commissions départementales des espaces naturels, agricoles et forestiers sur la consommation des terrains agricoles, et mettre en place des indicateurs d'efficacité du nouveau dispositif ;
- Mettre en place les observatoires régionaux prévus dans la loi d'avenir pour l'agriculture, l'agroalimentaire et la forêt en lien avec les Srdet ;
- Rendre obligatoire la mise en place d'un observatoire foncier pour les territoires de schémas de cohérence territoriale (Scot) de plus de XX habitants, ainsi que la réalisation d'un atlas des espaces fonciers intra-urbains disponibles pour les Scot de plus de XX habitants ;
- Tester la prise en compte dans les documents préparatoires à l'établissement des plans locaux d'urbanisme intercommunaux, d'une cartographie des principales caractéristiques des sols à aménager (réserve utile, teneur en matière organique, richesse biologique...) et des services écosystémiques en découlant ;

- Inciter à l'établissement d'une cartographie plus détaillée des sols urbains faisant apparaître les usages effectifs, les disponibilités foncières, ainsi que les caractéristiques physiques et les services écosystémiques associés.

Réduire l'artificialisation des sols urbains pour améliorer leurs services écosystémiques

- Inciter la prise en compte, dans les documents de planification d'objectifs de conservation des fonctionnalités initiales des sols urbains et péri-urbains (fertilité, biodiversité, gestion de l'eau, préservation de la pollution), en cas de changements d'usage des sols pour l'urbanisation ;
- Introduire dans les documents de planification de l'espace urbain [et notamment péri-urbain] des dispositions pour éviter, réduire et compenser des destructions de milieux ou d'altération de fonctions (par exemple en cas d'imperméabilisation nouvelle), de même nature que celles préconisées pour les espaces naturels, agricoles et forestiers¹⁰⁵ ;
- Développer les techniques de restauration et de retraitement qualitatif des sols urbains transformés (anthroposols multifonctionnels)
- Favoriser le développement et la mobilisation d'une ingénierie s'appuyant sur l'analyse des terres endogènes et des techniques de restructuration des sols par retraitement et enrichissement des substrats en fonction des espèces végétales à implanter. Faire connaître les expériences vertueuses de restauration des fonctionnalités écologiques qui se développent en milieu urbain, comme la charte de végétalisation (Paris), le traitement des îlots de chaleur (Lyon), les chartes d'agriculture urbaine (cf. appel à projets nature en ville dans le cadre du FEADER) et périurbaine... ;
- Reconstituer les trames vertes et bleue en ville.

Mettre en place des outils fiscaux permettant de décourager l'étalement urbain

- Faire évoluer le système de taxation sur les plus-values instauré par la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche, afin de mieux tenir compte de la valeur agro-économique et écologique des terrains ;
- Mettre en place une modulation de la taxe d'aménagement en fonction du taux de destruction des fonctions écologiques préexistantes¹⁰⁶. Le produit de cette modulation pourrait venir alimenter un fonds géré à l'échelle régionale en application des Sraddet, notamment en faveur d'une reconquête des friches urbaines.

¹⁰⁵ L'évaluation environnementale des documents d'urbanisme n'exclut pas de son champ l'espace urbain, mais elle fait rarement apparaître une connaissance effective de ces fonctionnalités.

¹⁰⁶ Cf. infra axe 5, travaux expérimentaux sur la qualification agronomique et environnementale des espaces péri-urbains

Axe 3 : Prévenir et remédier à la pollution des sols

Contexte

Le traitement des sites et sols pollués a fait l'objet d'une réglementation importante et de nombreux projets de recherche. Pour autant, il ne donne pas lieu à une réglementation spécifique, mais relève pour partie de la réglementation relative aux déchets et de celle relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). La complexité des conditions de réutilisation hors site des terres excavées constitue une difficulté qu'il convient de lever¹⁰⁷.

La reconquête des sites pollués représente un enjeu majeur pour limiter l'aménagement de nouveaux espaces agricoles et reconstruire la ville sur la ville. Pour cela, la mise en application des dispositions législatives récentes de la loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (Alur) constitue une première étape. Pour certaines opérations d'urbanisme conséquentes, une rentabilité peut être trouvée en y intégrant des actions de dépollution du foncier. La pratique du « tiers-substitué » et la clarification de la responsabilité du maître d'ouvrage en cas de changement d'usage du sol, créent un cadre juridique favorable pour ce type d'opérations de plus en plus complexes, ainsi que le montrent de nombreux exemples de reconversion réussies d'anciens sites industriels pollués situés dans des secteurs stratégiques au sein des zones urbaines.

Objectifs visés

- Reconquérir les friches polluées pour favoriser la densification des zones urbaines et lutter ainsi contre l'étalement urbain ;
- Faciliter le réemploi des terres excavées non polluées ou faiblement polluées ;
- Réduire les expositions des populations liées aux éventuelles contaminations des sols par des pollutions diffuses ou historiques.

État des connaissances et besoins

Malgré l'ancienneté des bases de données permettant d'identifier les sites pollués et leur historique au travers de Basol et de Basias, l'inventaire de ces sites est encore à parfaire, surtout pour qualifier les types de pollution qu'ils ont pu subir. Les avancées de la loi Alur, avec la création des secteurs d'information sur les sols (SIS) ainsi que la publication d'une carte des anciens sites industriels et activités de services identifiant les sols potentiellement pollués, nécessitent d'être complétées par un inventaire plus

¹⁰⁷ Une fois excavé, un sol est considéré comme un déchet. C'est ce classement en tant que déchet qui fait qu'un sol excavé non pollué qui serait naturellement non conforme aux normes réglementaires, ne pourrait pas être réutilisé tel quel, y compris à l'endroit où il a été prélevé, dès lors qu'il aurait été traité hors site.

détaillé qui ne peut se faire qu'au niveau de chaque territoire. Cette connaissance affinée est nécessaire comme outil d'aide à la décision pour la réutilisation des sols pollués dans le cadre d'opérations d'aménagement.

Des travaux de recherche ont été menés depuis de nombreuses années en matière de réhabilitation des sols pollués. Des techniques plus ou moins élaborées, donc coûteuses, ont été mises au point. Quatre grandes techniques de traitement peuvent être envisagées : le traitement sur site de type biologique, physico-chimique, par lavage ou par désorption thermique ; le traitement in situ pour des pollutions superficielles ou peu profondes ne nécessitant pas une dépollution rapide par phytoremédiation, phytostabilisation ou phytoextraction ; le traitement hors site utilisable pour tous types de sols pollués acceptés en décharge ; le confinement, qui consiste à contenir physiquement les impacts.

En ce qui concerne les pollutions diffuses des sols, la connaissance des teneurs en éléments traces métalliques montre que la grande majorité des sols présente des teneurs plutôt faibles, à l'exception des sols viticoles très chargés en cuivre. La connaissance est très partielle pour les polluants organiques dont certains sont à l'origine d'imprégnations de longue durée sur les sols de certaines régions (chlordécone aux Antilles, lindane dans le Nord-ouest). La connaissance de la contamination par les pathogènes n'en est qu'à ses prémices.

Actions à mener

Lutter contre les pollutions ponctuelles historiques

- Réaliser les actions inscrites dans le Plan national santé environnement 2015-2019 (PNSE3) concernant la réduction de l'exposition aux contaminations des sols ;
 - valider des modèles de transferts de substances à fort enjeu sanitaire (éléments traces métalliques, PCB, pesticides) des sols vers l'homme ;
 - diagnostiquer les expositions de jeunes populations (crèches, écoles, collèges et lycées) aux substances préoccupantes contenues dans les sols de sites potentiellement pollués par d'anciennes activités industrielles en se basant sur le retour d'expérience de la première phase de l'opération « établissements sensibles ».
- Dans le cas de pollutions historiques (chlordécone aux Antilles par prolongation des actions du plan chlordécone, Métaeurop dans le bassin minier du Nord...), veiller à :
 - une utilisation du sol compatible avec les risques de transfert du polluant contenu dans le sol ;
 - une surveillance de l'état de santé des populations et à la réduction de leur exposition ;
 - accompagner la transformation nécessaire de l'agriculture du secteur ou de la filière concernée, ou encore la modification des habitudes relatives aux jardins familiaux.

Prévenir la contamination des sols par les pollutions diffuses

- Mettre en œuvre les actions du plan Ecophyto 2 visant à réduire l'usage de pesticides de synthèse par les agriculteurs, à le restreindre fortement dans les espaces publics et à l'interdire pour les particuliers ;
- Poursuivre et accroître l'effort consacré aux pesticides et à leurs impacts au sein du réseau de mesure de la qualité des sols (RMQS), en accroissant l'éventail des substances recherchées et le nombre de sites étudiés. Cette approche pourra constituer un cadre propice au développement de travaux visant à analyser plus finement les relations entre pratiques agricoles dont l'usage des pesticides, niveaux de contamination des sols, abondance et diversité des organismes vivants du sol ;
- Définir des règles claires et cohérentes relatives à l'épandage des mélanges de boues et/ou de déchets sur les sols et aux responsabilités des acteurs en cas de contamination ; renforcer la fréquence des analyses de sols préalables aux épandages dans les cas où les teneurs en contaminants constatées s'approcheraient des valeurs limites fixées par la réglementation ;
- Engager une réflexion sur l'opportunité et la faisabilité d'instaurer un dispositif de vigilance sur les effets et les risques à long terme des apports de matières fertilisantes sur les sols.

Faciliter la réutilisation des sols pollués dans les opérations d'aménagement

- Mettre en place et développer les actions instaurées par la loi Alur : secteurs d'information sur les sols, cartographie des sols potentiellement pollués, tiers substitué ;
- Concevoir un outil fiscal prenant en compte la valeur agro-naturelle des terrains nouvellement urbanisés, afin de réduire l'écart de coût entre l'extension des urbanisations sur des terrains à forte valeur écosystémique et la reconquête des friches intra urbaines ;
- Faciliter la réutilisation des terres excavées :
 - corriger l'obligation de caractériser le site receveur en réalisant au niveau national un fonds géochimique générique, complété par un fonds géochimique local réalisé sur la base d'un guide méthodologique à concevoir ;
 - mieux organiser les filières de réemploi, notamment au travers de plates-formes de tri, de traitement et de regroupement des terres excavées ;
 - créer une banque de terres française après avoir clarifié les conditions de réutilisation.

Axe 4 : Adapter les sols au changement climatique et renforcer leur contribution à son atténuation

Contexte

Le sol et le climat sont étroitement liés. Le changement climatique impacte inévitablement les fonctions du sol, en lien avec l'élévation globale de la température, la modification du régime des pluies, l'augmentation du niveau des mers. Pour ce qui est de l'Europe de l'Ouest, il est prévu plus de précipitations en hiver avec des phénomènes de pluies intenses, et des sécheresses plus fréquentes au printemps et en période estivale, accentuant donc l'érosion hydrique, la salinisation des sols irrigués, les risques de glissement de terrain, la minéralisation des matières organiques des sols de montagne ou des sols tourbeux des zones humides, les phénomènes de submersion marine entraînant la destruction des sols côtiers lorsqu'ils ne sont pas protégés et la salinisation des sols littoraux... Les outre-mer concentrent également sur de relativement petits territoires, le plus souvent insulaires, les risques liés à l'accélération des sécheresses et des intempéries destructrices, à la montée du niveau des mers et l'accentuation des phénomènes de salinisation.

Inversement, le sol est l'un des acteurs majeurs de l'atténuation du changement climatique, puisqu'il échange en permanence avec l'atmosphère trois des principaux gaz à effet de serre (CH₄, CO₂, N₂O), et qu'il stocke le carbone sous forme de matière organique plus ou moins évoluée, au delà de ce qui est stocké dans la biomasse aérienne des végétaux. Le sol est un puits pour le carbone : les modes de gestion ayant pour résultat des augmentations de contenu de carbone peuvent à la fois contribuer à l'atténuation des changements climatiques, et être favorables à une gestion agronomique durable, en augmentant la fertilité, la réserve utile, et l'activité biologique du sol. Cependant les pratiques qui contribuent à déstocker le carbone sont plus importantes à ce jour, en particulier les changements d'usage du sol constitués par le retournement des prairies et par l'extension des zones urbanisées.

Tandis que les inventaires coordonnés et interprétés par le GIEC sont principalement orientés aujourd'hui sur la réduction directe des émissions de GES par les activités productives, ce dernier introduit dans son dernier rapport la notion de "secteur des terres" où peuvent se raisonner conjointement les efforts à opérer au niveau de l'agriculture, de la forêt et de l'usage des terres pour optimiser les réductions.

En ville, le sol a également un rôle à jouer dans l'atténuation des effets du changement climatique : limitation des risques d'inondations par infiltration des eaux de pluie et de ruissellement, support de végétation pour la lutte contre les îlots de chaleur.

Objectifs visés

- Rendre les sols urbains, naturels, forestiers et agricoles plus résilients vis-à-vis du changement climatique ;
- Augmenter le stockage de carbone de X % dans la biomasse et dans le sol à l'horizon 20XX ;
- Promouvoir un raisonnement global valorisant le sol dans les négociations climatiques.

État des connaissances et des besoins

Le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC) rassemble les actions et mesures pour permettre l'adaptation au changement climatique dans tous les secteurs d'activité touchant au sol. La conférence environnementale de 2014 a prévu un bilan du plan 2011-2015 puis l'élaboration d'un nouveau plan en 2016.

La stratégie nationale bas carbone articule les actions relatives à l'atteinte de l'objectif de réduction de 40 % des GES d'ici 2050. On y trouve en particulier des actions relatives aux pratiques agricoles sur les sols et au changement d'usage des terres, ainsi que celles relatives à la production de biomasse agricole et forestière.

Au niveau régional, les schémas régionaux climat, air, énergie (SRCAE) déclinent de façon transversale les démarches citées précédemment.

Concernant l'agriculture, l'INRA¹⁰⁸ a conduit une étude qui identifie 8 pratiques agricoles susceptibles de mieux stocker du carbone dans le sol. A contrario, le retournement des prairies, comme l'artificialisation des terres, contribuent à un déstockage de GES. Cependant, et c'est probablement la raison pour laquelle la question du sol dans la séquestration du carbone dans le sol est souvent marginalisée, les connaissances sont encore relativement faibles sur les mécanismes et les données de référence sont entachées de fortes incertitudes.

Actions à mener

Améliorer la résilience des sols et la capacité d'adaptation des services rendus

- Généraliser les techniques de gestion qui permettent d'améliorer la réserve utile et la capacité d'infiltration des sols, qu'il s'agisse de sols urbains, forestiers ou agricoles ;

¹⁰⁸ Pellerin et al, 2013

- Garantir lorsque la situation l'exige, pour que le sol puisse continuer à assurer ses fonctions dans le contexte du changement climatique, la satisfaction des besoins en eau des plantes d'une façon compatible avec les autres usages, dans le cadre de projets territoriaux ;
- Aménager le sol en ville pour diminuer les îlots de chaleur : réduire la minéralisation, favoriser les ombrages végétaux, l'eau qui court (voir axe gestion des sols urbains).

Augmenter le stockage du carbone dans le sol

- Promouvoir les pratiques identifiées par l'INRA¹⁰⁹ pour favoriser un bon fonctionnement du sol et l'accumulation de carbone :
 - couvert végétal permanent
 - haies et bandes enherbées, enherbement des vignes et vergers
 - agroforesterie et foresterie
 - gestion des prairies et techniques culturales sans labour
 - épandage d'effluents, composts et restitution des résidus de culture
- Maintenir les surfaces en herbe : soutenir un élevage à l'herbe et réduire le retournement des prairies pour éviter le déstockage de carbone ;
- Renforcer les recherches sur les méthodes et les pratiques permettant d'augmenter les stocks de carbone dans les sols.

Raisonner l'atténuation du changement climatique globalement sur le « secteur des terres »

- Inverser le raisonnement des inventaires du GIEC qui traite séparément émissions de GES d'une part, séquestration de carbone dans les sols et les végétaux d'autre part, en promouvant un raisonnement global au niveau d'un « secteur des terres » qui pousse à agir aussi bien pour l'agriculture, la forêt que pour le changement d'usage et la gestion des terres ;
- Améliorer les méthodes de mesure et inventorier plus finement le stockage de carbone dans les sols ;
- Redonner à l'agriculteur et au forestier une vision de son impact climatique « vu du ciel » et des améliorations possibles, en établissant des bilans globaux (via la stratégie bas carbone ou un décompte parallèle). Lui permettre le cas échéant de le valoriser économiquement.

¹⁰⁹ Le mécanisme étant le même que pour la matière organique, ces actions recoupent celles citées dans la fiche agricole et forestières en matière de recherche, de développement des bonnes pratiques, de formation et de conseil.

Axe 5 : Décliner territorialement la politique des sols

Contexte

Définir un cadre national de gestion durable des sols nécessite de prendre en compte un emboîtement d'échelles, au risque de rester inopérant.

La déclinaison d'une stratégie des sols doit se retrouver aux différents niveaux de planification territoriale et en déclinaison des schémas sectoriels concernés par cette question très transversale. En effet, outre les orientations de niveau national, les sols sont concernés par plusieurs documents stratégiques, opposables ou non, établis à différentes échelles biogéographiques, territoriales et administratives : schémas directeurs d'aménagement et de gestion des eaux, schémas de massifs, chartes de parcs nationaux ou régionaux, directives territoriales d'aménagement, documents de planification stratégique territoriaux, schémas thématiques¹¹⁰, schémas de cohérence territoriale, plans locaux d'urbanisme...

Par ailleurs, la réforme territoriale, traduite dans la loi portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe), adoptée le 16 juillet 2015, redessine en partie l'architecture de certains documents cités.

Objectifs visés

- Articuler la stratégie nationale des sols avec le nouveau schéma régional d'aménagement de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET), en lien avec le schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation (SRDEII), ainsi qu'avec les schémas de cohérence territoriale (Scot), les plans locaux d'urbanisme (PLU[I]), ainsi qu'avec les chartes et conventions territoriales (zones d'adhésion des parcs nationaux, parcs naturels régionaux, grands sites..).
- Clarifier, au plus près du terrain, les équilibres relatifs à la préservation des milieux naturels, à la production agricole, à l'activité économique et à l'aménagement urbain. Il s'agit de décroisonner les approches sectorielles afin de prendre en compte les différents enjeux de gestion des sols de manière transversale.

¹¹⁰ Par exemple, les plans régionaux d'agriculture durable, les programmes régionaux de la forêt et du bois, les schémas régionaux climat, air, énergie ou de cohérence écologique.

État des connaissances et des besoins

Quelques projets à caractère de recherche-action ont été menés pour mieux prendre en compte les différents enjeux liés aux sols dans les études et concertations préalables à l'élaboration de documents de planification¹¹¹. Il s'agit pour l'instant de démarches expérimentales qui n'ont pas abouti à une méthodologie largement diffusée et appliquée.

Actions à mener

Développer des règles prescriptives à l'échelle régionale en matière de gestion durable des sols

- Fixer dans les Sraddet en lien avec les orientations du schéma régional de développement économique, d'innovation et d'internationalisation, des règles générales¹¹² visant :
 - une limitation de l'extension des urbanisations au détriment des terres agricoles ;
 - les principes d'équilibre entre péri-urbanité et densification urbaine ;
 - la détermination d'un ordre de grandeur des superficies globales nécessaires en matière de logement et d'activités économiques ;
 - les conditions de réutilisation des friches urbaines et industrielles, polluées ou non ;
 - des objectifs chiffrés relatifs à la préservation des principales fonctions des sols agricoles et urbains, assortis d'indicateurs de suivi.
- Intégrer concomitamment dans les plans régionaux d'agriculture durable (Prad) et les programmes régionaux de la forêt et du bois, les priorités régionales relatives aux sols ;
- Mobiliser dans les programmes de développement rural régional les mesures répondant aux priorités régionales pour le sol figurant au niveau global dans les Sraddet ou thématiques dans les Prad ;
- Intégrer l'enjeu environnemental de la bonne gestion des sols dans les chartes des parcs naturels régionaux.

¹¹¹ Les cas régulièrement cités sont le projet UQUALISOL-ZU (programme Gessol) sur les PLU de Gardanne et de Rousset à l'Est du département des Bouches-du-Rhône, ainsi que les démarches menées avec l'appui de scientifiques pour la préparation de quelques Scot comme celui de l'agglomération de Tours.

¹¹² Parmi les domaines énumérés par la loi NOTRe comme constitutifs des Sraddet, figurent la gestion économe de l'espace, la lutte contre le changement climatique, la protection et la restauration de la biodiversité, ainsi que la prévention et la gestion des déchets. Elle précise par ailleurs que ces schémas énoncent des règles générales permettant d'atteindre les objectifs fixés.

Intégrer des règles de bonne gestion des sols dans les SCOT et dans les PLUI valant Scot

- Établir une cartographie des sols dans le cadre des études préalables, pour faire apparaître notamment le degré d'artificialisation des sols, leur aptitude culturale/agronomique, leur perméabilité/réserve utile en eau, la qualité des habitats/la biodiversité, la trame écologique/corridors de déplacement des espèces animales et végétales..... ;
- Fixer sur cette base, dans les documents d'orientation des Scot et des PLUI valant Scot, des objectifs quantitatifs et qualitatifs relatifs à la gestion durable des sols ;
- Mutualiser les bonnes pratiques.

S'assurer au travers des évaluations environnementales, d'une bonne prise en compte des enjeux liés aux sols dans les études d'impact des plans et projets.

Axe 6 : Développer la recherche sur les sols

Contexte

La recherche française mobilise une communauté dynamique dispersée entre de nombreuses institutions. La communauté scientifique française est le troisième contributeur mondial en publications sur les sols après les USA et la Chine.

Il n'existe pas de recensement exhaustif ni d'annuaire des équipes de recherche travaillant en France sur les sols mais uniquement des recensements partiels. Le sous-groupe sur les sols de l'alliance nationale de recherche pour l'environnement Allenvi a recensé environ 1600 chercheurs, enseignants-chercheurs ou ingénieurs engagés dans des travaux sur les sols au sein de 80 unités ou équipes de recherche.

La recherche fondamentale se concentre dans les universités, principalement au sein d'unités mixtes avec le CNRS.

La recherche finalisée est présente dans plus d'une quarantaine d'unités de l'Inra, d'Irstea, du Cirad, du Brgm, de l'Ineris et de l'Ird.

Les opérateurs de la recherche appliquée sur les sols sont très dispersés, chacun ne regroupant qu'un nombre limité de spécialistes des sols.

Les thèmes de recherche à conduire sont variés et complexes. Plusieurs réflexions ont été menées en France au cours des dernières années pour établir les priorités d'une stratégie de recherche sur les sols, au sein du groupe sols d'Allenvi, au Cnrs qui a publié un livre blanc, ainsi qu'au sein de l'agence nationale de la recherche (ANR).

Les problématiques liées aux sols sont très dispersées dans les différents outils de programmation de la recherche. Avec la fin, en avril 2015, du programme Gessol piloté par le MEDDE depuis une dizaine d'années, la communauté scientifique perd le seul outil d'animation transversale dont elle disposait.

La recherche appliquée reste significativement soutenue par le Casdar et par l'Ademe, mais elle ne bénéficie pas animation thématique, ce qui a notamment pour conséquence l'absence de synthèse transversale des différents travaux effectués.

Dans le cadre du nouveau programme européen de recherche et d'innovation H2020, une action concertée a débuté au printemps 2015 en vue de construire un agenda stratégique de recherche à l'échelon européen sur la gestion des sols, ainsi que sur les usages des terres et leurs changements.

Objectifs visés

Les objectifs en matière de recherche-développement sur les sols consistent à :

- Rassembler, organiser et animer la communauté scientifique et technique française disposant de compétences dans le domaine des sols ;
- Mettre en place un dispositif de programmation et de financement adapté à la prise en charge des priorités de recherche et de développement et à l'incitation aux recherches interdisciplinaires.

État des connaissances et des besoins

Les différentes réflexions menées au cours des dernières années pour établir les priorités d'une stratégie de recherche sur les sols ont convergé sur les besoins suivants :

- La dynamique de la pédogenèse, le génie pédologique et les techniques de préparation et d'exploitation pour éviter de dégrader la qualité des sols ;
- Les impacts des changements climatiques sur le fonctionnement hydrique, physico-chimique, biogéochimique et biologique des sols, l'analyse et la prédiction des processus d'érosion à différentes échelles spatiales et temporelles, la dynamique des sels (surtout en zone irriguée) sous différents scénarios climatiques, les moyens de lutte contre la salinisation ou d'adaptation à celle-ci, les outils de prévision de la portance des sols ;
- Les connaissances (y compris le calcul économique) permettant d'optimiser les choix d'affectation des sols à un usage donné ;
- La dynamique des polluants, la modélisation des interactions entre les apports diffus de polluants et les variations des propriétés du sol, les dynamiques des contaminants et l'effet des pratiques de gestion des sols, les effets écotoxicologiques, les technologies de remédiation des sols pollués ;
- Les outils d'évaluation environnementale notamment les analyses de cycle de vie des sols, leur résilience vis-à-vis des risques naturels et anthropiques en relation avec des seuils critiques, les bénéfices environnementaux et économiques des réhabilitations de sols ;
- La métrologie des stocks de carbone et des flux de gaz à effet de serre, les processus de stabilisation des matières organiques dans les sols, la modélisation prédictive de la dynamique des matières organiques et du stockage de carbone, l'analyse de l'impact des systèmes de culture et pratiques sylvicoles sur les stocks de carbone, l'évaluation des services rendus par les matières organiques ;
- Les micro-organismes et la microbiologie du sol, les interactions entre ces micro-organismes et les cycles des nutriments, les impacts des pratiques de gestion sur la microfaune et la biodiversité du sol, l'optimisation du fonctionnement biologique au sein des sols et les services rendus par la microfaune aux agrosystèmes ;

- Le lien entre l'état des sols et les potentialités de leurs fonctions selon les pratiques et les usages envisagés, afin de fournir des outils pour une gestion durable des sols et l'aide à la décision.

Par ailleurs, les réseaux d'observatoires de long terme et de sites ateliers doivent être confortés pour suivre l'état des sols, évaluer les services écosystémiques, les effets des pratiques d'usage des sols, ainsi que les facteurs clés de la résilience et les leviers de la restauration des sols dégradés.

Enfin, les dispositifs de recherche participative, associés à une plate-forme de connaissance et d'innovation multi acteurs, sont à encourager tant pour ce qui concerne les sols à usage agricole que la gestion des sols urbains et la restauration des sols dégradés.

Actions à mener

Dans le cadre de la stratégie nationale sur les sols, les actions prioritaires suivantes seraient à mener en matière de recherche-développement :

- Une cartographie « Cart'sols » des activités, des compétences et des projets de recherche est à réaliser et à mettre régulièrement à jour sur l'ensemble du champ des sols ;
- Une programmation stratégique coordonnée de la recherche-développement finalisée et un dispositif d'animation des travaux de recherche et d'innovation sur les sols sont à mettre en place par une coopération renforcée entre le MAAF, le MEDDE et l'Ademe, en interaction avec l'ANR. Au-delà des alliances de recherche, elle devrait associer les acteurs de la recherche appliquée (instituts techniques), de la recherche industrielle, ainsi que des représentants concernés de la société civile ;
- Des programmes de recherche stratégique et à caractère interdisciplinaire affirmé sont à lancer sur un nombre limité de priorités, si possible en partenariat avec d'autres pays européens, par exemple sur l'augmentation de la matière organique dans les sols afin de contribuer à la fois à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique et sur les conséquences d'une telle augmentation sur les propriétés des sols et les services qu'ils rendent ;
- Une synthèse des résultats obtenus dans le cadre des projets de recherche-développement financés par le Casdar est à réaliser et à diffuser par le MAAF ;
- Une organisation des opérateurs actuels de la recherche appliquée est à imaginer pour constituer un dispositif assurant le rôle d'un institut technique, chargé de soutenir l'innovation des acteurs économiques et de fournir des références aux porteurs de politiques publiques ;
- Les recherches participatives impliquant les gestionnaires des sols sont à développer et un soutien est à apporter à des sites atelier pour tester des méthodes d'ingénierie visant à maintenir ou à compenser, au moins partiellement, les fonctionnalités des sols lors de leur changement d'usage ;
- Une synthèse critique des connaissances disponibles est à mener sur l'artificialisation des sols (déterminants, conséquences environnementales, sociales et économiques, ainsi que les méthodes pour y remédier) pour soutenir la mise en œuvre de l'axe 2 de la stratégie.

Axe 7 : Améliorer la connaissance des sols

Contexte

Depuis 2001, le groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol) réunit les ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, l'Inra, l'Ademe, l'IRD et l'IGN. Il s'appuie sur une unité de services « Info Sol » qui a été créée par l'Inra pour coordonner les programmes d'acquisition de données, gérer ces données et en assurer la diffusion.

Un système d'information sur les risques de pollution des sols s'organise de manière autonome en prenant appui principalement sur le Brgm qui n'est pas membre du Gis Sol pour des raisons historiques.

Enfin, deux dispositifs de suivi de l'occupation des sols existent sous l'égide respectivement des ministères en charge de l'environnement et de l'agriculture.

Objectifs visés

Les objectifs en matière de connaissance sur les sols consistent à disposer d'ici 20XX :

- D'un système national d'information unique sur les sols ;
- De l'inventaire achevé des sols au 1/250 000 et d'un engagement de l'inventaire aux échelles moyennes (1/100 000 à 1/50 000) sur la totalité du territoire ;
- De l'évolution de la qualité des sols sur la dernière décennie ;
- D'une évaluation fiable aux différentes échelles de l'occupation des sols et de leur état d'artificialisation ;
- De l'inventaire des surfaces de sols urbains en friches et de leur état éventuel de pollution.

État des connaissances et des besoins

Depuis les années 1990, la France dispose d'une cartographie des sols au 1/1000 000 qui couvre l'ensemble du territoire national. Elle est moins avancée pour l'inventaire à plus grande échelle qui répond aux besoins de données nécessaires à l'orientation des politiques, à la planification et à la gestion.

Pour répondre à ces besoins, le Gis Sol a engagé un programme d'inventaire qui porte essentiellement sur des paramètres pérennes des sols. L'inventaire au 1/250 000 est achevé ou engagé dans la quasi-totalité des départements métropolitains. L'inventaire à moyenne échelle couvrirait entre 50 et 60 % du territoire métropolitain : autour de 30 à 35 % du territoire à l'échelle 1/100 000 et autour de 20 à 25 % du territoire au 1/50 000.

Afin de suivre l'évolution des paramètres non pérennes (carbone, éléments traces métalliques, éléments polluants organiques, nutriments, micro organismes, faune et flore du sol), un réseau représentatif de surveillance des sols a été créé en 2001. La première campagne de surveillance s'est achevée en 2010 et elle a permis de dresser un premier bilan de l'état de la qualité des sols français publié en 2011. Une deuxième campagne sera lancée fin 2015 afin de détecter des évolutions. Ce suivi représentatif sur le plan spatial est complété par un réseau, créé en 1992, pour assurer un suivi plus précis des processus d'évolution de la qualité des sols forestiers.

Les données d'inventaire et de surveillance des sols sont bancarisées dans une seule base de données qui est souvent en retard d'actualisation. Elles sont d'un accès restreint car souvent frappées de confidentialité, ce qui est un handicap pour leur bonne utilisation dans des études sur les sols. De nombreux acteurs demandent un accès facilité aux données sur les sols.

Il existe de nombreuses autres bases de données sur les sols qui sont plus spécialisées : analyses de terres, éléments traces métalliques, sols forestiers, sites et sols potentiellement pollués, mouvements de terrain, occupation des sols, etc. La plupart d'entre elles sont gérées par l'Inra ou le Brgm et accessibles via leurs portails de diffusion.

Actions à mener

Les actions prioritaires à mener seraient les suivantes :

- **Élaborer un schéma national des données sur les sols (SNDS)** couvrant les méthodes et référentiels, la production, la bancarisation, la valorisation et la diffusion des données. Placé sous la coordination technique d'un opérateur de l'État et doté d'une gouvernance stratégique interministérielle impliquant les directions porteuses des politiques publiques, le schéma sera décliné dans un plan d'actions disposant d'un financement pérenne ;
- **Constituer un réseau chargé de mettre en œuvre le SNDS** et regroupant l'ensemble des producteurs et des gestionnaires de données sur les sols. Le fonctionnement en réseau visera à optimiser la complémentarité des recueils de données et à mutualiser des méthodes et des outils de valorisation. Il s'appuiera en priorité sur une collaboration à organiser entre l'Inra et le Brgm ;
- Définir un programme d'action afin d'**achever au plus vite la cartographie des sols de France au 1/250 000** et de compléter, en priorité dans les zones à fort enjeu (environnemental, aménagement du territoire), la cartographie au 100 000, voire au 1/50 000, comme c'est le cas dans certains pays voisins (Belgique, Pays-Bas par exemple) ;
- **Organiser la synergie entre les sources de données éparses sur les sols forestiers** qui permettrait d'établir une carte des sols à moyenne échelle homogène et à usages multiples ;
- Conduire dans les délais fixés la **deuxième phase du RMQS** ;
- **Compléter les données** : distribution de certains contaminants (arsenic, mercure, sélénium, substances médicamenteuses, etc.), méso et macrofaune du sol, caractérisation de la réserve utile des sols à haute résolution (notamment pour apprécier la réponse des écosystèmes forestiers au changement climatique)...et mieux organiser la collecte de certaines données

disponibles (exemple : importer directement de la base Sillage les données d'analyse d'ETM obligatoires pour les épandages de boues d'épuration) ;

- Concevoir et appliquer une méthode unique d'évaluation de l'occupation des sols et de leur degré d'artificialisation ;
- Réaliser l'inventaire des surfaces de sols urbains en friche et qualifier leur état éventuel de pollution afin de connaître le potentiel des zones déjà urbanisées avant d'envisager des extensions urbaines ;
- Suivre le foncier agricole sur le long terme (prix, qualité, surface...) pour en évaluer sa disponibilité et sa capacité à assurer les besoins ;
- Organiser des partenariats entre le système d'information sur les sols et d'autres systèmes d'information pour assurer l'interopérabilité entre les bases de données sur les sols et d'autres bases thématiques afin de pouvoir tester des scénarios de gestion et aider à la décision publique ;
- Améliorer la mise à disposition du public des données géo référencées et régulièrement mises à jour à partir d'un **portail unique (Solfrance)** ;
- Suivre les **indicateurs** qui permettent de qualifier le sol et de caractériser son fonctionnement et concevoir des indicateurs intégrateurs pour objectiver le suivi de la qualité des sols.

Axe 8 : Former et sensibiliser à l'enjeu de la préservation des sols

Contexte

Une sensibilisation à l'étude des sols est faite en classes de première et de terminale de l'enseignement général. Elle est plus technique et appliquée aux sols cultivés dans l'enseignement secondaire agricole.

Dans les formations supérieures, le sol est largement étudié dans les brevets de technicien supérieur agricole¹¹³, mais très peu dans d'autres filières qui utilisent le sol. Il est plus ou moins abordé dans différents parcours universitaires et certaines dominantes d'approfondissement d'écoles d'ingénieurs agronomes ou certains masters sont particulièrement centrés sur les sciences du sol¹¹⁴.

Certains secteurs professionnels ne sont pas assez conscients de l'importance de la protection et de la bonne gestion des sols. Il convient donc de prendre des mesures pour les sensibiliser, diffuser et échanger les informations techniques et les meilleures pratiques. De manière plus générale, l'opinion publique a un déficit de connaissance sur l'importance des sols et les services qu'ils rendent.

Objectifs visés

Les objectifs dans le domaine de la formation et de la sensibilisation sur les sols visent à :

- Renforcer dans l'enseignement secondaire général et professionnel la formation sur les sols et les services qu'ils rendent ;
- Ouvrir plus largement l'accès à des modules sur les sols dans certains parcours de l'enseignement supérieur ;
- Sensibiliser le public par une communication adaptée aux enjeux d'une bonne gestion des sols.

¹¹³ BTSA Analyse, conduite et stratégie de l'exploitation agricole, Développement de l'agriculture des régions chaudes, Agronomie et productions végétales, Viticulture œnologie, Production horticole et Gestion forestière.

¹¹⁴ Sans que cette liste soit exhaustive (en l'absence de base de données adéquate), on peut citer : la dominante ingénierie de l'environnement d'Agro-Paris Tech et le parcours « gestion des sols et services écosystémiques » du master « Agrosociétés, environnement, territoires, paysages, forêt » (co-habilitation avec l'université Paris VI) ; l'option de 3^{ème} année de Montpellier SupAgro « gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement » ; la spécialisation génie de l'environnement, option « sol, eau, hydrosystèmes » d'AgroCampus Ouest et la spécialisation couplée à un master recherche (co-habilitation avec l'université Rennes 1) « hydrogéologie, hydrobiogéologie, hydro pédologie » ; le master « biologie intégrative des interactions plante, microbe, environnement » (co-habilitation AgroSup Dijon et université de Bourgogne).

État des connaissances et des besoins

Dans l'enseignement secondaire général, les facteurs clés du processus de pédogenèse et la vulnérabilité de la ressource en sol doivent être abordés en classe de première, alors que les services écosystémiques qui permettent d'aborder de nouveau les sols (recyclage, gestion de la fertilité), sont étudiés en terminale. Dans l'enseignement secondaire agricole, les référentiels du brevet et du baccalauréat professionnels agricoles indiquent que l'élève doit pouvoir diagnostiquer les états du milieu et le mettre en relation avec le fonctionnement du peuplement végétal.

Dans les référentiels de formation de technicien supérieur agricole, le sol est présenté comme l'un des éléments clé de l'agro-écosystème. Les modules de formation portent sur les sciences agronomiques et l'écologie-biologie, le sol étant souvent abordé sous l'angle des interactions avec le climat et/ou l'eau. Dans les écoles d'ingénieurs agronomes, l'enseignement sur les sols repose toujours sur des bases relatives aux processus de pédogenèse, et sur une bonne compréhension des mécanismes physiques, chimiques et biologiques qui régissent le fonctionnement des sols. Les enseignements sont maintenant largement dédiés à une analyse et une compréhension des services écosystémiques remplis par les sols, et à une capacité d'action sur ces services. Cet élargissement des finalités a induit de nouvelles interfaces avec d'autres enseignements disciplinaires, par exemple avec l'écologie, l'écotoxicologie, ou encore la chimie. Globalement, il existe un besoin de spécialistes de l'agronomie intégrative qui commencent à faire défaut.

Enfin, une licence professionnelle ouvrira à l'automne 2015 pour former des techniciens de la dépollution des sols pollués, afin d'accompagner la démarche de certification des prestataires de service.

Les actions de sensibilisation collective sont ponctuelles et il n'est pas aisé d'en dresser un état des lieux. Des besoins de sensibilisation existent notamment pour certains secteurs professionnels. De manière générale s'exprime une attente pour accéder plus facilement aux données sur les sols et à des références sur les bonnes pratiques.

Actions à mener

- Engager une analyse prospective des besoins de compétences sur la gestion des sols et rénover le contenu des enseignements et l'offre de formation en fonction de ces besoins ;
- Déployer des formations avec un volet d'agronomie intégrative pour les conseillers agricoles destinés à accompagner les agriculteurs qui engagent leur exploitation dans une démarche de transition vers l'agro-écologie ;
- Fournir aux enseignants du secondaire les supports pédagogiques nécessaires à un enseignement sur les sols¹¹⁵ ;

¹¹⁵ Une coopération entre les ministères chargés de l'éducation nationale, de l'agriculture et de l'écologie est recommandée. Ils pourraient s'appuyer sur des contributions élaborées conjointement par l'association des professeurs de SVT et par le groupe sols de l'académie d'agriculture.

- Soutenir la production d'une série d'ouvrages sur les sols destinés aux étudiants et enseignants du supérieur ¹¹⁶;
- Faire de la pédagogie auprès des élus pour les convaincre à partir d'études de cas de l'intérêt économique, environnemental et social de construire la ville sur la ville selon des modalités adaptées ;
- Sensibiliser et former les aménageurs et les professionnels des travaux publics à mieux gérer les sols lors des opérations de terrassement et de remblaiement, afin de conserver voire de restaurer certaines de leurs fonctionnalités ;
- Sensibiliser les architectes du paysage et les aménageurs à l'importance de la qualité des sols urbains dans les interstices des zones construites ;
- Faire des fermes de l'enseignement agricole des vitrines de la bonne gestion des sols agricoles et organiser un réseau thématique sur les sols au sein de l'enseignement agricole ;
- Mettre à disposition du public l'ensemble des données sur les sols à partir d'un portail national unique « Sol France » ;
- Inciter au développement des pratiques de recherche participative qui permettent de mobiliser des acteurs qui deviennent des vecteurs de sensibilisation ;
- Assurer une formation continue sur les sols et les services rendus pour les agents des services déconcentrés de l'État ;
- Communiquer sur le défi positif que constituent des modes de production et de gestion de l'espace qui préservent le potentiel des sols à long terme tout en optimisant le résultat économique ;
- Mettre en place un programme de sensibilisation des scolaires aux sols à l'exemple de ce qui existe pour la forêt (« A l'école de la forêt ») ou l'eau (les classes d'eau) ;
- Lancer une action de communication sur les sols lors de la publication de la stratégie nationale et à l'occasion de son bilan annuel d'avancement qui pourrait être publié chaque 5 décembre (journée internationale des sols).

¹¹⁶ Un premier projet est en cours aux éditions Educagri

Axe 9 : Agir à l'international en faveur de la préservation des sols

Contexte

Surtout centrée jusqu'à ces dernières années sur la lutte contre la désertification au travers de la convention adoptée en 1994, la prise en compte de la dégradation des sols émerge à l'agenda international. L'organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation a initié un partenariat mondial pour les sols qui est basé sur le volontariat des États. L'assemblée générale des Nations Unies devrait adopter en septembre 2015 parmi les objectifs de développement durable une cible dédiée à combattre la désertification et à restaurer les terres et sols dégradés.

À l'échelon européen, un projet de directive sur les sols, initié en 2008 par la Commission européenne, a finalement été retiré en 2014. Un bilan de la stratégie communautaire sur la protection des sols de 2006 devrait être établi prochainement en préalable à de nouvelles initiatives de la Commission, conformément aux orientations du 7ème plan d'action pour l'environnement.

Au niveau national, la prise en compte des sols intervient dans les règles de financement de la coopération bilatérale via l'Agence française de développement (AFD)¹¹⁷. La stratégie internationale du MAAF soutient la coopération en matière d'agriculture familiale ou d'agro-écologie qui s'articulent autour d'une bonne gestion des sols.

Objectifs visés

- Faire mieux prendre en compte la gestion durable des sols dans les politiques internationales et communautaires ;
- Développer la coopération avec les pays affectés par la dégradation de leurs sols.

État des connaissances et des besoins

Des experts français, principalement de l'Inra et du Brgm, participent aux travaux scientifiques et techniques internationaux et communautaires en appui aux initiatives sur la gestion des sols.

¹¹⁷ En vertu de l'objectif A 2.3 de la stratégie de l'AFD qui s'intitule : « *favoriser l'application des principes du développement durable, la préservation des ressources naturelles et leur exploitation durable par les populations locales, et réduire la vulnérabilité des populations au changement climatique* ».

La Charte mondiale sur les sols, initialement établie en 1981, a été révisée et approuvée par la FAO en juin 2015, pour mieux refléter les connaissances et les enjeux scientifiques actuels comme la pollution des sols et l'adaptation aux changements climatiques et leurs mesures d'atténuation.

Dans le cadre du nouveau programme européen de recherche et d'innovation H2020, une action concertée, co-pilotée par le Brgm, a débuté au printemps 2015 en vue de construire un agenda stratégique de recherche à l'échelon européen sur la gestion des sols, ainsi que sur les usages des terres et leurs changements.

À l'initiative du ministre français chargé de l'agriculture, un programme international « 4 pour 1000¹¹⁸ : des sols pour la sécurité alimentaire et le climat » qui a pour objectif d'améliorer la teneur en matières organiques et d'encourager la séquestration de carbone dans les sols à travers la mise en œuvre de pratiques agricoles adaptées, a été inscrit au plan d'action Paris-Lima de la COP 21. Il comprend un programme international de recherche et de coopération scientifique¹¹⁹, ainsi qu'une alliance d'acteurs s'engageant à lutter contre la pauvreté et l'insécurité alimentaire en mettant en œuvre de nouvelles pratiques agricoles favorables à la restauration des sols, à l'augmentation des stocks de carbone et à la biodiversité.

Actions à mener

- Être acteur des initiatives internationales et notamment du partenariat mondial pour les sols initié par l'organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation ;
- Organiser le rapportage relatif à l'objectif de développement durable sur les sols et disposer d'indicateurs de suivi de la stratégie nationale utilisables pour les différents rapports internationaux et communautaires ;
- Mettre en œuvre sous l'égide du CICID¹²⁰ la stratégie d'aide publique au développement pour lutter contre la désertification et la dégradation des terres dans les pays de la zone de solidarité prioritaire (Mahgreb et Afrique subsaharienne) ;
- Évaluer le positionnement de la France au sein de la convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, notamment en cas d'évolution de son périmètre dans le contexte de l'objectif d'un monde neutre en dégradation des terres ;
- Assurer une veille sur les différentes initiatives prises au niveau international et communautaire¹²¹ en matière de gestion durable des sols et

¹¹⁸ Un taux de croissance annuel du stock mondial de carbone des sols de « 4 pour 1000 » permettrait d'absorber et de stocker l'équivalent des émissions annuelles de CO₂ d'origine anthropiques, soit 78 % des émissions de gaz à effet de serre.

¹¹⁹ Au niveau français, ce programme associe l'INRA, le CIRAD et l'IRD, en lien avec le CGIAR

¹²⁰ Comité interministériel de la coopération internationale et du développement

¹²¹ Il serait ainsi souhaitable d'élargir le champ couvert actuellement par le Common forum qui est restreint aux seuls sols pollués ou d'organiser un dispositif équivalent sur la gestion des sols non pollués. Dans le second cas, une coordination étroite devra être établie entre les deux réseaux.

réaliser un parangonnage des stratégies et politiques menées dans les principaux États membres de l'Union européenne ;

- Initier des programmes de recherche en partenariat avec d'autres pays européens dans le cadre de l'agenda stratégique de recherche en cours d'élaboration à l'échelon communautaire, voire au niveau international, à l'image du programme « 4 pour 1000 » sur l'augmentation de la matière organique dans les sols afin de contribuer à la fois à l'atténuation et à l'adaptation au changement climatique ;
- Définir une stratégie et les conditions d'une participation française au système d'information global décentralisé sur les sols (SOILSTAT) en cours de création à l'échelle internationale ;
- Agir en vue de renforcer, à travers le sol et sa préservation, les synergies et les cohérences entre la convention cadre sur les changements climatiques, la convention sur la lutte contre la désertification et la convention sur la diversité biologique, le comité de la sécurité alimentaire mondial, ainsi qu'avec les objectifs de développement durable ;
- Développer une stratégie d'influence au sein de l'UE pour promouvoir une politique communautaire de protection des sols multi-enjeux qui soit respectueuse du principe de subsidiarité, et mieux faire prendre en compte les priorités françaises en matière de gestion des sols dans les évolutions des politiques communautaires concernées¹²².

¹²² Par exemple lors du processus de révision de la politique agricole commune pour la période post 2020 en vue d'une meilleure prise en compte de la bonne gestion des sols dans les critères de conditionnalité des aides.

Axe 10 : Une gouvernance pour piloter et faire vivre la stratégie

Contexte

Le sol, par la transversalité des questions qui le concernent, intéresse un nombre élevé d'acteurs économiques, politiques ou sociétaux qui l'abordent chacun avec sa vision, ses intérêts et ses outils.

Au sein même de l'administration, une dizaine de directions réparties dans plusieurs ministères sont concernées pour une politique s'y rapportant, sans que soit portée une vision d'ensemble qui anticipe suffisamment les enjeux et les orientations préconisées pour une bonne gestion durable des sols. Concernant les collectivités, les différents niveaux d'échelle territoriale n'interviennent pas de façon articulée sur ces questions encore peu explicitées dans leurs documents et schémas stratégiques.

Enfin, il n'y a pas de véritable lieu de débat démocratique sur la prise en compte spécifique des questions liées au sol. Un signe en est la faiblesse voire l'inexistence d'un discours construit et partagé.

Objectifs visés

- Garantir la mise en œuvre d'une stratégie des sols sur le long terme (par exemple 10 ans) en prévoyant une révision à mi-parcours. Cette stratégie devra s'articuler aux différents niveaux territoriaux ;
- Engager le maximum de parties prenantes dans la construction puis la réalisation et le suivi des actions ;
- Assurer un suivi régulier des résultats obtenus.

Actions à mener

Mettre en place une organisation au sein de l'État pour assurer une vision transversale des politiques et des questions relatives au sol

- Nommer un pilote interministériel en charge du pilotage et de la coordination de l'action de l'État sur les sols ;
- Désigner un référent « sol » dans chaque administration centrale concernée, l'ensemble devant fonctionner en réseau ;
- Faire fonctionner un réseau de terrain réunissant les agents travaillant sur la thématique foncier/sol dans l'ensemble des ministères concernés.

Mettre en œuvre un suivi participatif au niveau national, réunissant les différentes composantes intéressées par les divers aspects du sol

- Afin de ne pas créer d'instance nouvelle, dans un souci de simplification, il semble inutile de créer un « conseil national des sols », alors que le Conseil national de la transition écologique (CNTE) pourrait jouer ce rôle. Il est proposé à cet effet de créer une commission spécialisée du CNTE sur les sols, avec des représentants des 6 collèges (collectivités, parlementaires, syndicats de salariés, entreprises, associations environnementales, consommateurs) et des personnalités qualifiées sur les sols ;
- Un bilan détaillé de la réalisation des objectifs de la stratégie devra être établi à mi-parcours (base de la révision). Il pourra être prévu un suivi régulier à échéance bisannuelle de la mise en place des processus, sur la base d'indicateurs de suivi.

Décliner régionalement la stratégie

- Utiliser les structures de gouvernance régionale existantes pour l'élaboration du Sraddet et des schémas thématiques régionaux qui porteront chacun dans leur périmètre les déclinaisons de la stratégie nationale ;
- Le préfet s'assurera de la prise en compte de la stratégie nationale au titre du dire de l'État, puis lors de la validation finale des schémas (qui devra faire l'objet d'un arrêté préfectoral).

Des outils au service de la gouvernance

- Établir des indicateurs pouvant notamment servir à renseigner les reportages au titre des engagements internationaux de la France ;
- Disposer d'indicateurs de résultats permettant de mesurer la dynamique des évolutions, notamment sur la qualité des sols, et d'indicateurs de moyens utilisés pour suivre l'avancement de la mise en œuvre des actions prévues par la stratégie ;
- Définir un cadre de suivi régulier de la stratégie qui se basera sur des outils d'observation issus des bases de données sur les sols et sur des outils d'évaluation¹²³.

¹²³ Par exemple, l'Observatoire National de la Consommation des Espaces Naturels, Agricoles et Forestiers (ONCENAF), dont il pourra être nécessaire de compléter les compétences actuelles pour les faire coïncider avec les objectifs de reporting de la stratégie

Conclusion : recommandations pour l'élaboration de la stratégie nationale

Une politique ambitieuse sur les sols ne peut se limiter à une juxtaposition de politiques sectorielles. Même si elle doit s'appuyer sur les réglementations existantes et les actions en cours, une vision transversale, large et partagée est indispensable. Il est primordial de faire du processus d'élaboration de la stratégie nationale des sols, un levier d'appropriation des enjeux et du rapprochement des visions et des positions des différents acteurs au profit de la préservation d'une ressource finie et précieuse. La co-construction de la stratégie est donc un premier niveau d'engagement collectif.

Dans une première phase, les attendus et la méthodologie d'élaboration de la stratégie nationale devront donner lieu à une feuille de route validée politiquement, qui pourra être établie à partir des propositions du présent rapport.

Dans un deuxième temps, il serait souhaitable que, sur la base de la feuille de route, l'élaboration de la stratégie soit pilotée et coordonnée à l'échelon interministériel selon un processus participatif. Compte tenu de l'éparpillement de la prise en charge de la politique des sols entre les ministères et parfois en leur sein, il serait préférable que la préparation de la stratégie soit coordonnée par une personne neutre vis-à-vis des services, dûment mandatée à un échelon interministériel. Elle pourrait être placée sous l'autorité conjointe des ministres en charge de l'écologie, de l'agriculture et de l'urbanisme.

Des groupes rassemblant des acteurs économiques, scientifiques, techniques, administratifs, institutionnels, associatifs, pourraient être créés pour l'élaboration détaillée de chacun des axes stratégiques retenus. Les propositions présentées à ce titre par la mission pourront servir de base de référence pour ces travaux.

Il serait par ailleurs nécessaire que cette démarche d'élaboration soit menée en lien avec une instance de gouvernance collective qui assurerait un rôle de comité de pilotage. Celle-ci pourrait être constituée par le comité national de transition écologique (CNTE), le cas échéant sous la forme d'une commission spécialisée chargée de préparer un avis formalisé du CNTE sur le projet résultant du travail des groupes thématiques. Le CNTE ou cette commission spécialisée présidée par une personnalité « neutre » avec un secrétaire/rapporteur pourrait intervenir en amont pour donner un avis général sur les priorités et les axes puis en aval sur le contenu détaillé de la stratégie.

In fine, la stratégie nationale pour la gestion durable des sols serait approuvée à l'échelon interministériel et, à l'occasion de sa publication, une communication pourrait être présentée en conseil des ministres pour affirmer l'importance que le gouvernement lui accorde. Pour exprimer jusqu'au bout l'importance de l'appropriation de cette stratégie par les acteurs, sa publication pourrait donner lieu à un événement porté par les différentes parties prenantes.

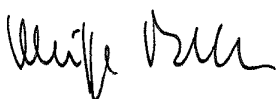
L'année internationale des sols et l'approche de la COP 21 sont des occasions de donner de la visibilité à la démarche en l'inscrivant dans la dynamique de mobilisation de la société civile au côté des collectivités et des administrations.

Il est donc souhaitable que le processus soit engagé dans les meilleurs délais. Un calendrier prévisionnel plus précis pourrait être le suivant :

- présentation au CNTE des propositions du rapport et des suites envisagées en novembre 2015, avec mise en place d'une commission spécialisée ;
- lancement du processus d'élaboration de la stratégie lors de la journée des sols le 5 décembre ;
- valorisation de l'importance des sols et des politiques contribuant à améliorer leur bonne gestion à l'occasion de la COP21 ;
- mise en place des groupes de travail thématiques, sous le pilotage de la commission spécialisée du CNTE, pour un rendu avant la fin du 1^{er} semestre 2016 ;
- avis du CNTE en septembre 2016 sur la stratégie et son plan d'action ;
- communication en conseil des ministres et publication de la stratégie à l'automne 2016.

Philippe

BELLEC



Patrick

LAVARDE



Laurence

LEFEBVRE



Marie- Laurence

MADIGNIER



Inspecteur général de
l'administration du
développement durable

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Ingénieur général
des ponts, des eaux
et des forêts

Annexes

1. Lettre de mission



**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE**

LA MINISTRE

**MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE,
DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT**

LE MINISTRE
PORTE-PAROLE DU GOUVERNEMENT

Paris, le 10 NOV. 2014

Monsieur le Vice-Président
du Conseil Général de l'Alimentation,
de l'Agriculture et des Espaces Ruraux

Monsieur le Vice-Président
du Conseil Général de l'Environnement
et du Développement Durable

Objet : Lettre de mission interministérielle sur la définition d'un cadre national de gestion durable des sols.

Les sols prennent une importance croissante dans les agendas politiques, tant au niveau international que communautaire.

Au niveau mondial, le Partenariat Mondial sur les Sols (Global Soil Partnership) créé en 2012 au sein de la FAO, ainsi que les organes de la Convention des Nations Unies de lutte contre la désertification, représentent deux cadres d'échanges sur le sujet. La mise en œuvre des engagements pris à Rio +20 en 2012 en matière de « *land degradation neutral world* » se discute dans ces deux cercles.

Au niveau communautaire, un projet de directive cadre a été proposé en 2006, qui n'a pas pu faire l'objet d'un consensus au sein du Conseil et a ainsi été retiré en mai 2014 par la Commission européenne. En novembre 2013, l'adoption du 7ème Programme d'action pour l'environnement de l'Union européenne a toutefois réouvert la voie aux réflexions relatives à un cadre réglementaire approprié pour la protection des sols. La Commission européenne lance ainsi actuellement des travaux et études d'impacts en vue d'une nouvelle proposition d'ici mi-2015. Ce calendrier converge avec la décision des Nations Unies de décréter 2015 « année internationale des sols ».

En France, la gestion des sols est abordée dans de nombreuses politiques sectorielles, telles que, à titre d'exemple et sans viser l'exhaustivité, la politique nationale des sites et sols pollués conduite par le ministère chargé de l'écologie ainsi que la politique de préservation des espaces agricoles et le projet agro-écologique pour la France conduit par le ministère chargé de l'agriculture. Il n'existe toutefois pas à ce jour de cadre politique national lisible pour le grand public sur les sols qui fédère et fasse le lien entre l'ensemble des mesures existantes.

La recommandation 10 du rapport CGAAER n°10175 – CGEDD n°7423-01 du 18 février 2011 proposait que le Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol) s'engage dans l'élaboration et la coordination d'une politique globale sur les sols. Nous avons considéré qu'il ne rentrait pas dans les missions du Gis de jouer ce rôle, bien que celui-ci ait vocation à demeurer un interlocuteur important sur le sujet.

Suite à la publication de ce rapport, les services des ministères de l'agriculture et de l'écologie, appuyés par des experts compétents dans le domaine du sol, ont travaillé à un projet de document clarifiant les objectifs poursuivis par les politiques visant le sol, ainsi qu'à une cartographie des acteurs et un inventaire des mesures contribuant à la protection des sols. Ce travail a permis, dans le détail, de souligner un certain nombre de difficultés liées à ce sujet (définition du sol, intérêts, enjeux, etc) et montré la nécessité d'un éclairage nouveau et stratégique sur ce sujet.

Dans ce contexte, nous vous demandons de mettre en place une mission conjointe du Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux et du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, afin d'appuyer la démarche de définition d'un cadre national de gestion durable des sols.

Vous procéderez tout d'abord à un état des lieux de la situation actuelle.

Cet état des lieux sera notamment construit sur la base d'un inventaire des outils et actions existants dans le domaine de la gestion des sols (identification des secteurs d'intervention, puis inventaire des mesures existantes d'ordre législatif, réglementaire ou incitatif, des projets ou programmes de recherche les plus significatifs).

Outre l'inventaire des actions existantes, l'état des lieux devra également permettre le recueil et la synthèse de la position des nombreux partenaires concernés par la gestion des sols. Les services des deux ministères pourront vous présenter, en lien avec le Gis Sol, l'état des travaux réalisés à ce jour au démarrage de la mission.

Dans un second temps, sur la base de ces constats, vous proposerez une méthodologie d'élaboration d'un cadre national de gestion durable des sols.

A ce stade, vous ne vous prononcerez pas sur le contenu d'un tel cadre national, mais formulerez des propositions sur son périmètre, les principaux axes à construire, les voies et niveaux d'implication des partenaires techniques et de la société civile, le calendrier, le mode de suivi, etc. Cette méthodologie devra tenir compte, le cas échéant, de la participation de la France aux rendez-vous internationaux pertinents, dans le contexte spécifique de l'année 2015 « année internationale des sols ».

La mission devra présenter avant le 15 décembre 2014 un premier rapport présentant l'état des lieux de la situation actuelle et la synthèse des positions des partenaires (volet 1). La proposition de méthodologie (volet 2) est attendue pour le 28 février 2015.

Les Services du Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie et du Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt se tiennent à votre disposition pour le lancement et le suivi de cette mission.



Ségolène ROYAL



Stéphane LE FOLL

2. Liste des personnes rencontrées

Nom	Fonction
-----	----------

Administrations centrales

Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt (MAAF)

Direction générale de la performance économique et environnementale des exploitations (DGPE)

Hervé DURAND	Directeur général adjoint
Valérie MAQUERE	Chef du bureau eau, sols et économie circulaire
Sandrine LEMENAGER	Bureau eau, sols et économie circulaire, chargée des sols
Nathalie GUESDON	Chef du bureau changement climatique et biodiversité
Marie-Christine CUNY	Chef du bureau foncier
Françoise TRIPIER	Bureau foncier, chargée du statut du fermage
Agnès DESOINDRE	Bureau du foncier, chargée de la protection des espaces naturels, agricoles et forestiers
Guilhem BRUN	Sous-directeur Europe - chef de projet agro-écologie

Direction générale de l'alimentation (DGAL)

Joël FRANCART	Adjoint au sous-directeur de la qualité et de la protection des végétaux
Frédéric BERTRAND	Chef du bureau de la coordination en matière de contaminants physiques et chimiques
Stéphanie MARTHON-GASQUET	Bureau de la réglementation et de la mise sur le marché des intrants, chargée des matières fertilisantes et supports de culture

Direction générale de l'enseignement et de la recherche (DGER)

Cyril KAO	Sous-directeur de la recherche, de l'innovation et des coopérations internationales
Corine BITAUD	Sous-direction de la recherche, chargée de la bioéconomie

Secrétariat général (Service de la statistique et de la prospective)

Didier CEBRON	Sous-directeur des statistiques agricoles, forestières, alimentaires
---------------	--

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE)

Direction générale de la prévention des risques (DGPR)

Marc JACQUET	Chef du service des risques naturels et hydrauliques
Vincent COURTRAY	Chef du bureau des risques naturels terrestres
Jean-Luc PERRIN	Sous-directeur des risques chroniques
Aurélien LOUIS	Chef du bureau du sol et du sous-sol
Tina PAYET	Bureau des sols et du sous-sol, chargée de l'après-mine et du suivi des organismes

Direction générale de l'énergie et du climat (DGECC)

Stéphanie CROGUENNEC	Chef du département de la lutte contre l'effet de serre
Olivier de GUIBERT	Adjoint au chef de département
Joseph LUNET	Département lutte contre l'effet de serre, chargé de mission agriculture forêt et biomasse

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN)

Jean-Marc MICHEL Directeur général

Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages (DHUP)

Dominique PETITGAS-HUET Chef de bureau de la planification urbaine et rurale

Carole CONSTANS-MARTIGNY Bureau de la planification urbaine et rurale

Christelle PAYEN Adjointe au chef de bureau des politiques foncières

Direction de l'eau et de la biodiversité (DEB)

Christophe VENTURINI Adjoint au chef de bureau de la lutte contre les pollutions
domestiques et industrielles

Commissariat général au développement durable

Direction de la recherche et de l'innovation (DRI)

Patrice BUESO Adjoint au chef de service de la recherche

Hélène SOUBELET Cheffe de la mission biodiversité et milieu

Jurgis SAPIJANSKAS Chargé de mission biodiversité, forêt ,sol

Service de l'observation et des statistiques (SOeS)

Valéry MORARD Sous-directeur de l'information environnementale

Christian FEUILLET Chef du bureau de l'état des milieux

Ministère des affaires étrangères et du développement international

Direction du développement et des biens publics mondiaux

Sandra RULLIERE Sous-direction de l'environnement et du climat, chargée de la
désertification et de la dégradation des terres

Ministère des outre-mer

Cédric LORET Chef du bureau de l'écologie, du logement du développement et
de l'aménagement durables

Arnaud MARTRINCHARD Chef du bureau des politiques agricoles rurales et maritimes

Ministère des affaires sociales et de la santé – Direction générale de la santé

Joëlle CARMES Sous-directrice de la prévention des risques liés à
l'environnement et à l'alimentation

Alban ROBIN Chef du bureau de la qualité des eaux

Magali MAVINER Chef du bureau alimentation et nutrition

Michel ROUGE Bureau de l'environnement extérieur, chargé des sites et sols
pollués

Sophie HERAULT Adjointe au chef du bureau de l'environnement extérieur

Secrétariat général des affaires européennes

Philippe LUCAS Chef du secteur ITEC

Commission européenne – DG Environnement

Claudia OLAZABAL Chef de l'unité agriculture forêt et sol

Jacques DELSALLE Coordonnateur du thème sol

Gouvernement de l'Ecosse

Neil RITCHIE

Chef de l'unité de la qualité environnementale

Services déconcentrés de l'État

Directions régionales de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt

Groupement des DRAAF Michel SINOIR

Directeur DRAAF Lorraine

Directions départementales des territoires (DDT-DDTM)

Groupement des DDT Jean-Louis BOURDAIS

Directeur adjoint DDT de la Meuse

Agences de l'Etat

Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation (Anses)

Marc MORTUREUX
Thierry MERCIER
Patricia MERIGOUT

Directeur général
Directeur adjoint « produits réglementés »
Unité « matières fertilisantes et support des cultures »

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)

Isabelle FEIX

Direction productions et énergies durables, expert national sols

Patrice PHILIPPE

Chef du service friches urbaines et sites pollués

Florence ALBERT

Adjointe au chef de service friches urb. sites pollués

Agence nationale de la Recherche (ANR)

Dominique DARMENDRAIL

Responsable Scientifique au département Environnements,
Ecosystèmes, Ressources Biologiques, secrétaire du Common
Forum

Organismes de recherche

Institut de recherche en sciences et technologies de l'environnement et de l'agriculture (IRSTEA)

Direction générale

Jean-Marc BOURNIGAL

Président

Pierrick GIVONE

Directeur général délégué scientifique

Véronique BELLON-MAUREL

Directrice du département écotechnologies

Pierre-Yves SAINT

Conseiller du président

Institut national de la recherche agronomique (Inra)

Direction générale

Hervé GUYOMARD

Directeur scientifique « agriculture »

Jean-François SOUSSANA

Directeur scientifique « environnement »

Chantal GASCUEL

Directrice scientifique adjointe « environnement »

Guy RICHARD

Chef du département « environnement et agriculture »

Marie RABUT

Adjointe au directeur scientifique « environnement »

Unité de service

Claudy JOLIVET

RMQS

Infosol d'Orléans (GIS Sol)	Benoît TOUTAIN	SI Sol
	Manuel MARTIN	Traitements des données
	Nicolas SABY	BDPAT
	Bruno LAROCHE	IGCS

Institut de recherche pour le développement (IRD)

Christian VALENTIN	Directeur adjoint de l'unité de recherche BIOEMCO
--------------------	---

Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

Nathalie DORFLIGER	Directrice eau, environnement et écotechnologies
--------------------	--

Institut national de recherche sur les risques industriels et la sécurité (Ineris)

Raymond COINTE	Directeur général
Philippe HUBERT	Directeur des risques chroniques
Xavier DAUPLEY	Responsable de l'unité « risques géotechniques liés à l'exploitation du sous-sol »
Florence CARRE	Coordinatrice scientifique « climat, ressources, territoires, société, mobilité, Europe, H2020 »

Université Aix Marseille, CEREGE

Catherine KELLER (pour le projet UQUALISOL-ZU)	Professeure en bio-géochimie des sols
---	---------------------------------------

Université de Caen

Sophie RAOUS (pour le projet Sol contre tous)	Coordinatrice de l'Institut régional du développement durable
--	---

Secteur agricole

Assemblée permanente des chambres d'agriculture (APCA)

Didier MARTEAU	Vice-président chargé de l'environnement
----------------	--

Société de conseil pour l'aménagement foncier rural (Fnsafer- département Etudes)

Robert LEVEQUE	Directeur des études
----------------	----------------------

Fédération nationale des syndicats d'exploitation agricole (FNSEA)

Thierry COUE	Vice-président de la commission « environnement »
Louis CAYEUX	Sous-directeur « développement durable »
Nelly LE CORRE - GABENS	Chef du service « développement durable »
Romain DURAND	Juriste spécialisé « protection des sols agricoles »

Instituts techniques agricoles et divers acteurs du développement agricole

Association de coordination technique agricole (ACTA)	Philippe VISSAC	Directeur adjoint « questions scientifiques, techniques et internationales »
	Mathilde HEURTAUX	Chargée de mission « fertilisation et environnement »

Arvalis, institut du végétal	François LAURENT	Ingénieur
Institut français du porc (IFIP)	Pascal LEVASSEUR	Chargé d'études
Institut de l'élevage	Sylvain FORAY	Chargé d'études
Institut technique de l'aviculture (ITAVI)	Philippe LONGCHAMP	Ingénieur
FNCIVAM	Jacques MORINEAU Françoise FOLLET-SINOIR	Administrateurs nationaux du réseau agriculture durable
Observatoire Français des Sols Vivants	Élisabeth VERAME	Secrétaire générale
Saf agr'iDées	Laurent KLEIN Laurent COULON Jean-Baptiste MILLARD Marie-Cécile DAMAVE-HENARD	Président Saf Administrateur Responsable gestion de l'entreprise agricole, et territoires Responsable innovation et marchés
RMT Sols et territoires	Jean-Luc FORT Joëlle SAUTTER	Chef du service agronomie et environnement CRA Poitou-Charentes Association pour la relance agronomique en Alsace, connaissance des sols et cartographies thématiques
Groupe Coopératif InVivo		
	Antoine POUPART Carole ROCCA Delphine TAILLIEZ-LEFEBVRE Carole HERNANDEZ-ZAKINE	Directeur technique et développement Responsable du pôle coopératives Service études et expertises Responsable « droit de l'agro-écologie »
Groupe Coopératif Vivescia		
	Christian ROUSSEAU	Président et administrateur de l'Institut de l'Agriculture Durable

Secteur forestier

GIP ECOFOR

Jean-Luc PEYRON	Directeur
Guy LANDMANN	Directeur-adjoint

Office national des forêts

Albert MAILLET	Directeur forêts et risques naturels
Claudine RICHTER	Adjointe au chef de département recherche développement innovation
Noémie POUSSE	Chargée de R&D pédologie

IGN (Inventaire forestier national)

Jean-Marc FREMONT	Conseiller chargé des affaires forestières
-------------------	--

Entreprises et fédérations professionnelles

Mouvement des entreprises de France (MEDEF)

Philippe PRUDHON	Vice-président de la commission environnement
Pascale KROMAREK	Ex-présidente du comité droit de l'environnement
Adeena CAMPAS	Direction développement durable, chargée de mission environnement

Union des professionnels de la dépollution des sols (UPDS)

Christel de la HOUGUE	Déléguée générale
Stéphane VIRCONDELET	Directeur technique HPC Envirotec
Wilfried VANNIER	Directeur Serpol Ile de France

Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction (UNICEM)

Christian BERANGER	Président de la commission environnement
Yves ADAM	Responsable environnement
Fadel BIO BERI	Chargé de mission biodiversité

Secteur de l'urbanisme

CEREMA

Gérard DESPORTES	Chef du département urbanisme et habitat
Marc MORAIN	Chef de groupe planification stratégies urbaines et foncières
Fabienne MARSEILLE	Directrice d'études environnement santé
Daniel RODRIGUEZ	Chef de projet

Agence d'urbanisme de Tours

Cécile TANGAY	Architecte paysagiste
Vincent BOUYER	Cartographe

Etablissement public foncierord Pas-de-Calais

Marc KASZYNSKI	Directeur
----------------	-----------

Plante et cité

Olivier DAMASOL	Chargé de mission "Agronomie, sols urbains / Innovation végétale"
Jean-Pierre ROSSIGNOL	Chercheur

Cabinet conseil Sol paysage

Xavier MARIE	Gérant
Sylvain RULLIER	
Yannick PEYAT	

Association Terres en ville

Serge BONNEFOY	Secrétaire technique
----------------	----------------------

Associations de protection de l'environnement

France nature environnement (FNE)

Jean-Claude BEVILLARD	Vice-président
Solène DEMONET	Coordinatrice du réseau risques et impacts industriels
Marie-Catherine SCHULTZ-VANNAXAY	Coordinatrice du réseau agriculture
Camille DORIOZ	Chargé de mission agriculture

Collectivités locales

Assemblée des communautés de France (AdCF)

Nicolas PORTIER	Délégué général
-----------------	-----------------

Conseil économique et social (CESE)

Philippe BLUMENFELD	Administrateur de la section agriculture, pêche et alimentation
Cécile CLAVEIROLE	Co-rapporteuses de l'avis du CESE sur la gestion des sols agricoles
Agnès COURTOUX	

Experts

Dominique ARROUAYS	Président de l'Association française pour l'étude du sol (AFES)
Claire CHENU	Professeur de sciences du sol, présidente du Conseil Scientifique du programme GESSOL
Philippe BILLET	Professeur de droit, directeur de l'Institut du droit de l'environnement de Lyon
Michel GRIFFON	Président de l'association internationale pour une agriculture écologique
Bernard CHEVASSUS-AU-LOUIS	Président de l'association Humanité et Biodiversité
Vincent SOL	Avocat, président du groupe de travail « sites et sols pollués », vice-président du conseil supérieur de la prévention des risques technologiques
Jean-Charles MUNCH	Professeur d'écologie du sol à l'université technique de Munich

3. La recherche sur les sols

La science du sol était déjà développée au 19^{ème} siècle et, en 1912, un article publié dans Nature évoquait la complexité et la diversité des sols. Le développement des techniques d'agriculture intensive et la spécialisation des systèmes de culture ont conduit progressivement à s'affranchir de la dépendance à l'égard de la fertilité naturelle des sols. La recherche agronomique comme l'agriculture ont eu tendance à oublier le sol qui a occupé une place de plus en plus secondaire, pouvant aller à l'extrême jusqu'aux cultures hors-sol. Toutefois, la recherche sur l'ensemble des enjeux liés aux sols s'est développée et, à l'échelle mondiale, 500 000 articles scientifiques ont été publiés depuis 1900¹²⁴, avec l'apparition progressive de nouvelles préoccupations comme l'importance de la matière organique et de la biodiversité ou le rôle du sol pour le stockage de carbone.

Une communauté scientifique significative mais dispersée

Il n'existe pas de recensement exhaustif ni d'annuaire des équipes de recherche travaillant en France sur les sols mais uniquement des recensements partiels.

Ainsi, le sous-groupe sur les sols créé au sein du groupe thématique « agro-écologie et sol » de l'alliance nationale de recherche pour l'environnement Allenvi¹²⁵, a réalisé une cartographie préliminaire des « forces en présence » en compilant la liste des unités et équipes émergeant *a priori* sur le thème des sols. Par cette approche, ont été recensées environ 80 unités ou équipes soit un total d'environ 1600 chercheurs, enseignant-chercheurs ou ingénieurs engagés dans des travaux de recherche et d'enseignement sur les sols¹²⁶. Ces scientifiques peuvent être regroupés en quatre domaines qui concernent l'agro-écologie-biodiversité (41 % des effectifs), l'eau-érosion (23 %), l'altération-spatialisation (22 %) puis enfin la pollution-déchets (14 %). Le principal pôle géographique de compétences est à Paris-Orsay-Grignon-Versailles suivi par des pôles régionaux à Montpellier, Rennes, Toulouse, Dijon et Avignon.

Cette communauté scientifique française est active puisque la France est le troisième contributeur mondial en publications sur les sols après les USA et la Chine.

- La recherche fondamentale

La recherche fondamentale sur les sols se concentre en France dans quelques universités, en général dans des UMR avec le Cnrs. Les universités d'Aix-Marseille, de Lyon et de Lorraine comptent ainsi chacune 100 à 150 permanents engagés sur cette thématique. Des équipes de taille plus modeste (20 à 50 permanents) sont également actives dans les universités de Limoges, Rennes, Poitiers et Tours. L'institut d'écologie et environnement (InEE) et l'Institut des sciences de l'univers (InSU) du Cnrs ont conduit une réflexion prospective qui a débouché en 2015 sur un livre blanc sur les sols qui recommandait de privilégier les recherches sur les interactions entre composants biotiques et abiotiques du sol, les temps longs dans l'analyse et la modélisation des grands cycles, ainsi que les processus de dégradation des sols.

- La recherche finalisée

¹²⁴ Source : web of science

¹²⁵ Allenvi réunit 12 membres fondateurs dont le Brgm, le Cirad, le Cnrs, la conférence des présidents d'université, l'Ird, l'Inra l'Irstea, le Mnhn, ainsi que 16 membres associés dont le Cerema, l'Gn et l'Ineris.

¹²⁶ Allenvi, groupe thématique 1 « agro-écologie et sols », rapport de synthèse, décembre 2010

En ce qui concerne la recherche finalisée, plus d'une quarantaine d'unités de recherche de l'Inra, d'Irstea, du Cirad, du Brgm et de l'Ird conduisent des travaux liés aux sols, qui impliquent plusieurs centaines de personnels permanents. Certaines d'entre elles sont de grande taille¹²⁷.

Au sein de l'Inra, un département de sciences du sol a été créé en 1974 à partir du département d'agronomie avec des activités localisées principalement au centre de Versailles. Depuis les recherches sur les sols ont essaimé puisque 6 unités de recherche ont le mot sol dans leur intitulé, mais de nombreuses autres unités sont concernées. Il existe également deux unités de services (Infosol à Orléans et le laboratoire d'analyse des sols d'Arras) et une plate-forme de caractérisation de la diversité biologique Genosol. Piloté par le département Environnement et agronomie, le méta programme sur les services des écosystèmes fédère les travaux de recherche sur les sols.

Au Brgm, un programme scientifique est consacré à la remédiation des sites et sols pollués avec une unité de recherche dédiée (28 personnes). D'autres secteurs de compétence apportent une contribution à d'autres travaux sur les sols, par exemple leur vulnérabilité associée à des aléas naturels majeurs (érosion, coulées de boues, éboulements rocheux).

L'Ineris dispose d'une direction du sol et du sous-sol qui mobilise 120 personnes travaillant sur les sols pour une plus ou moins grande proportion de leur temps. L'institut est impliqué dans l'étude de la contamination et de la vulnérabilité des sols, la santé-environnement, la valorisation des sols dégradés et les outils d'aide à la décision. Il gère une plate-forme des expositions et des risques naturels et anthropiques qui permet de modéliser les contaminants dans les différents compartiments (eau, air, sol). Il travaille sur des thèmes diversifiés comme l'évolution des propriétés physiques des argiles et les risques de gonflement susceptibles d'affecter la constructibilité des sols, la phytoremédiation ou encore les mesures de gaz dans le sol en liaison avec l'activité biologique du sol et sa nature.

- La recherche appliquée

De manière générale, les opérateurs de la recherche appliquée sur les sols sont très dispersés, chacun ne regroupant qu'un nombre limité (2 à une quinzaine) de spécialistes des sols, et il manque probablement un opérateur de type institut technique qui permettrait de faire le lien entre ces différents acteurs. De nombreux réseaux existent, mais ils sont ciblés sur des sous-thématiques particulières et ne couvrent donc pas l'ensemble des enjeux. De ce fait, cette communauté, bien que de qualité, est très peu visible à l'international et souffre d'une absence de vision holistique ; elle n'a en particulier pas de moyen d'élaborer un agenda stratégique collectif. On observe également des redondances et des lacunes par rapport aux besoins des acteurs économiques et des politiques publiques.

Au sein des instituts techniques agricoles (réseau ACTA), les spécialistes dédiés aux sciences du sol sont peu nombreux et dispersés dans quelques instituts (principalement Arvalis, le Cetiom et l'Institut technique de la betterave). Ils ne sont pas organisés en réseau. D'autres structures de développement et de transfert de technologie existent par ailleurs dans ce domaine, pour tout ou partie de leur activité : Agro-transfert ressources et territoires, l'Association pour la relance agronomique en Alsace (ARAA), Rittmo agroenvironnement, Solagro, etc.

¹²⁷ À titre d'exemple, l'UMR agro-écologie de Dijon qui est une unité mixte constituée entre l'INRA, le CNRS, l'université de Bourgogne et AgroSup Dijon, compte environ 250 permanents et est engagée dans de nombreux programmes concernant les sols. Elle coordonne en particulier le programme européen ECOFINDERS sur la biodiversité des sols, et gère notamment la plate-forme Genosol, primée par le programme des investissements d'avenir, spécialisée dans la caractérisation et la conservation des ressources génétiques microbiennes des sols.

Par exemple, Rittmo Agroenvironnement est un institut¹²⁸ créé en 2001 et labellisé centre régional d'innovation et de transfert de technologie (Critt) par la région Alsace et centre de ressources technologiques (Crt) par le ministère en charge de la recherche. Il joue un rôle d'interface entre les entreprises et les centres de compétence académiques, apporte un soutien scientifique et technique aux administrations et conduit des travaux de recherche appliquée. Il est spécialisé dans l'évaluation et l'amélioration de la qualité physique, chimique et biologique des sols agricoles (fertilisation en particulier) et l'évaluation des impacts sur les sols des différentes pratiques agricoles.

Si les travaux les plus nombreux menés par les instituts techniques ont concerné le domaine agricole, deux organismes travaillent plus particulièrement sur la dimension urbaine : Plante & Cité et le Cerema.

Plante & Cité est une plate-forme nationale d'expérimentations et de conseils techniques créée en 2006 à destination des services espaces verts des collectivités territoriales et des entreprises du paysage. Née du constat d'un besoin d'expérimentations et de mutualisation des techniques du développement durable de gestion des espaces verts, Plante & Cité est aujourd'hui un centre technique national qui traite des problématiques liées aux espaces verts et met en œuvre des expérimentations appliquées.

Depuis la création de Plante & Cité, les travaux sur le thème «agronomie et artificialisation des sols urbains» ont porté sur des programmes concernant principalement la végétalisation des espaces verts, des aménagements urbains et des toitures (dont l'impact des systèmes de végétalisation de toitures sur la qualité des eaux pluviales). Plante & Cité gère également le programme SITERRE, qui porte sur l'identification, le recensement et le diagnostic agro-environnemental de l'utilisation de déchets pour la construction de substrats utilisés dans les fosses de plantation. Il n'en demeure pas moins que les travaux de recherche et développement menés par Plante & Cité sur les sols urbains restent assez limités.

Le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema), créé en 2014 par la réunion de 11 centres techniques du Medde, ne fait pas du sol un sujet spécifique d'investigation. Toutefois, il s'investit particulièrement dans la méthodologie de l'observation de la consommation d'espace et dans les modèles d'écoquartiers, d'éco-cités et de villes durables.

Les programmes de recherche

Outre les actions propres aux organismes, l'essentiel des projets de recherche concernant les sols ont été soutenus dans le cadre de programmes nationaux, principalement de l'ANR, du MEDDE, du MAAF et de l'Ademe.

- Une prise en compte limitée à l'échelon européen

Une quarantaine de projets dédiés aux sols ont été sélectionnés et financés au cours des 6^{ème} et 7^{ème} programmes cadre européens de recherche et développement auxquels l'on peut ajouter environ 150 projets LIFE ayant trait aux sols. Par ailleurs, le MEDDE s'est associé à l'échelon européen à d'autres administrations et agences nationales de financement de la recherche pour conduire un programme de recherche « Snowmann » en appui aux politiques publiques de gestion des sols. Les huit projets qui ont été menés traitaient de la gestion des sols contaminés, des sols urbains et des usages des sols.

Dans le cadre du nouveau programme européen de recherche et d'innovation H2020, plusieurs pays (Espagne, Pays-Bas,...) portent le thème des sols dans la préparation des priorités de

¹²⁸ Il emploie 16 ETP dont 5 docteurs spécialisés en sciences du sol et ses ressources viennent à 60 % de contrats surtout avec des entreprises.

programmation du défi 2 qui intéresse le secteur des sols agricoles. Par ailleurs, une action concertée « Inspiration »¹²⁹ qui s'inscrit dans le défi 5 sur les ressources a débuté au printemps 2015. Cette action concertée a pour finalité de construire un agenda stratégique de recherche à l'échelon européen sur les usages des terres et leurs changements et sur la gestion des sols. Cette stratégie de recherche devrait être orientée par les besoins et financée par un réseau d'agences nationales. Elle est préparée par un consortium de 21 organismes de 16 pays différents, avec un copilotage franco-allemand (le Brgm pour la France). La mission a pu constater un manque d'information réciproque entre les institutions françaises engagées respectivement dans le suivi des défis 2 et 5 qu'il conviendrait de corriger pour couvrir l'ensemble du champ des sols de manière concertée et coordonnée.

- Le désengagement thématique de l'ANR

Depuis sa création, l'Agence nationale de la recherche (ANR) n'a pas conduit de programme spécifiquement dédié aux sols et elle ne finance aucune animation scientifique dans ce domaine¹³⁰. Néanmoins, l'ANR a soutenu une centaine de projets mentionnant le sol entre 2016 et 2014 pour un montant de 50 M€ au travers des appels à projets non thématiques, ainsi que sur de nombreux programmes thématiques. Il n'est cependant pas aisé de distinguer ceux qui sont totalement dédiés aux sols¹³¹.

Dans le cadre du nouveau dispositif de programmation de l'ANR qui a mis fin aux programmes thématiques, les comités stratégiques des deux défis¹³² intéressant les sols veillent à assurer une complémentarité avec les dispositifs de programmation de la recherche finalisée. Si les objectifs de recherche sont considérés comme clairs, la réduction de la taille des projets et du taux de succès aux appels d'offre fait que les projets multidisciplinaires d'envergure sont pénalisés.

- Le rôle structurant du programme « Gessol »

Le principal programme de recherche national sur les sols conduit au cours des dernières années est le programme Gessol initié par le ministère chargé de l'environnement à la suite du congrès mondial de science du sol qui s'est tenu en 1998 à Montpellier. L'animation de ce programme de recherche en soutien aux politiques publiques a été confiée à l'Ademe. L'objectif était de structurer une communauté de recherche sur la gestion des sols, de fournir aux décideurs publics et aux usagers des sols des connaissances et des outils opérationnels pour évaluer, surveiller, gérer, voire améliorer la qualité des sols, qu'ils soient naturels, agricoles ou urbains.

À la suite de trois appels à projets lancés en 1998, 2003 et 2009, 46 projets ont été sélectionnés pour un financement total de 5,8 M€.

Les 17 projets retenus lors du premier appel étaient centrés sur les dégradations des sols et leurs impacts sur les fonctions des sols, les 6 projets du deuxième appel étant centrés sur les pratiques agricoles et leurs impacts sur les fonctions des sols. Les travaux financés par Gessol ont permis de développer différents indicateurs physiques, chimiques et biologiques de la qualité des sols (diminution de la stabilité structurale, perte de porosité, décroissance de l'activité biologique, etc.) qui fournissent des outils de diagnostic pour caractériser les signes de dégradation des sols sous l'influence de certaines pratiques. Les indicateurs ont été décrits de façon spatialisée et/ou placés

¹²⁹ Integrated Spatial Planning, land use and soil management Research ActTION

¹³⁰ L'ANR a cependant organisé une consultation scientifique prospective entre novembre 2012 et avril 2013 qui a permis d'identifier les thèmes de recherche les plus pertinents sur les sols agricoles.

¹³¹ À titre d'exemple, entre 2007 et 2013, 7 projets ont été financés sur les sols agricoles. Ils ont favorisé l'étude des interactions biologiques et physico-chimiques grâce à des approches intégrées de différents compartiments qui ont pris en compte des échelles larges et des temps longs.

¹³² Défi 1 « gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » et défi 5 « sécurité alimentaire et défi démographique ».

dans des modèles décrivant le fonctionnement des sols. Des connexions avec les changements globaux ont été établies afin d'évaluer l'aptitude du sol à stocker le carbone et/ou l'azote ou à produire des gaz à effet de serre. Deux ouvrages de synthèse de ces travaux ont été publiés¹³³, un troisième est prévu en 2015 pour couvrir la troisième partie du programme.

Les 23 projets du dernier appel Gessol, menés entre 2010 et 2014, ont porté sur l'évaluation des services et la gestion des fonctions des sols. Ils ont permis de travailler sur des indicateurs de la qualité des sols, des modèles et outils d'aide à la décision, des méthodes de mesure, des évaluations environnementales, ainsi que sur des bonnes pratiques de restauration des sols. Un bilan critique du statut juridique du sol a également été réalisé. Le colloque final de restitution s'est tenu fin avril 2015.

Gessol a donné lieu à un important effort d'animation scientifique soutenu financièrement par le MEDDE (626 k€), incluant une programmation associant des porteurs de politiques publiques, des séminaires de lancement, de mi-parcours et de restitution pour chacune des vagues d'appels à projets, des colloques thématiques et la production d'ouvrages de synthèse.

Il n'est pas prévu de prolongation de ce programme au-delà de 2015, ce qui est regretté par la communauté concernée. En effet, Gessol a réussi à susciter des réflexions interdisciplinaires, des projets à caractère pluridisciplinaire et à associer les parties prenantes.

- L'appui à la recherche appliquée sur les sols agricoles

Les appels à projets financés sur le compte d'affectation spéciale de développement agricole et rural (Casdar), géré par le MAAF, n'ont généralement pas de thématique scientifique prédéfinie. Ils ont néanmoins permis de soutenir entre 2004 et 2013 une quarantaine de projets directement ou indirectement liés au sol, pour un montant d'aides total proche de 15 millions d'euros, soit de l'ordre de 10 à 15 % des crédits totaux. La majorité des projets est portée par des instituts techniques agricoles ou des chambres d'agriculture. À la différence du programme Gessol, ces projets ne font pas l'objet d'une programmation thématique ni d'une animation scientifique spécifique et ils sont limités aux sols à usage agricole.

- L'appui à la recherche appliquée sur les sols pollués et dégradés

La stratégie de recherche-développement 2014-2020 de l'Ademe est structurée en cinq programmes principaux dont l'un porte sur l'agriculture, le sol, la forêt et la biomasse. Au sein de cet ensemble, un programme spécifique est consacré à la gestion durable des sols et sous-sols, à la réhabilitation des sols pollués et à la reconquête des fonciers dégradés, ainsi qu'au stockage géologique du CO₂. L'appel à projets de recherche appliquée « Gesipol » porte sur la lutte contre les pollutions industrielles, la dégradation des milieux (sols, eaux souterraines, biosphère), la valorisation des ressources foncières constituées par les sites et sols pollués. En 2013, 7 projets ont été retenus pour 1,2 M€ d'aide et le deuxième appel, lancé en 2014, a permis de sélectionner 6 projets.

Dans le cadre des investissements d'avenir, l'Ademe soutient également des projets sur la dépollution des sites contaminés qui sont portés par des industriels en lien avec des organismes de recherche. Deux projets ont ainsi été retenus en 2013 sur le traitement des terres excavées et sur des outils de dépollution.

Depuis plus de dix ans, l'Ademe organise selon une périodicité quinquennale des rencontres nationales de la recherche sur les sites et sols pollués

¹³³ Gestion durable des sols, L. Citeau, A. Bispo, M. Bardy, D. King coord., Editions Quae, 2008 ; Etude et gestion des sols - Impact des pratiques agricoles, Editions Quae, 2011

Outre son implication sur les sols pollués, l'Ademe a financé une dizaine de projets concernant les sols sur son programme REACTIF consacré au changement climatique, ainsi que des thèses sur la thématique sols.

Les dispositifs de coordination de la recherche

Une partie des travaux de recherche sur les sols est coordonnée au travers de plusieurs groupements d'intérêt scientifique (Gis). Outre le Gis Sols qui s'intéresse prioritairement aux programmes de connaissance des sols et de cartographie, le Gis « Changements d'affectation des sols », créé en novembre 2014, réunit le MAAF (DGPE), le MEDDE (CGDD), l'Ademe, l'Inra et FranceAgrimer autour des déterminants et des effets de ces changements. La motivation initiale de ce Gis consistait à éclairer les impacts des politiques relatives aux biocarburants sur les changements d'affectation des sols, ce qui fait que son centre de gravité reste d'abord centré sur les enjeux liés à la politique énergétique et au changement climatique.

S'y ajoutent plusieurs groupements spécialisés sur les sols pollués et notamment :

- le Gis FI : créé dans le cadre de « l'après-mines », ce Gis sur les friches industrielles vise à acquérir des connaissances pour la requalification durable des sites dégradés et pollués. Il regroupe 12 unités de recherche de Lorraine (université, Inra, Cnrs, Ineris, Brgm) ;
- le Gis EDEMS : créé par cinq organismes (Insa Lyon, Cstb, Entpe, Brgm, Ecole des mines de Saint-Etienne) et soutenu par la région Rhône-Alpes, ce Gis est destiné à élaborer des méthodes d'évaluation de la performance environnementale et développer des écotechnologies notamment sur les sols pollués ;
- le Gis 3SP : constitué en 2007, ce Gis regroupe quatre établissements français (université de Lille, Ecole des mines de Douai, Brgm, Ineris), associés à trois partenaires wallons, qui mènent des projets de recherche finalisée sur les sites et sédiments pollués ;
- le Gis PILoT : constitué à Saint-Etienne entre l'université et trois écoles d'ingénieurs, il porte sur les sols contaminés et dispose de sites ateliers pollués respectivement par des contaminants métalliques et des PCB.

Le dispositif de coordination compte également deux réseaux mixtes technologiques (RMT) qui concernent directement les sols : le RMT « Fertilisation et environnement (agréé en 2007) et le RMT « Sols et territoires » (agréé en 2010), ce dernier étant orienté sur la valorisation des bases de données et outils de cartographie des sols. Ces réseaux permettent à des partenaires variés (organismes de recherche, instituts techniques, chambres d'agriculture, laboratoires d'analyse des sols, lycées d'enseignement techniques, écoles supérieures d'agronomie, entreprises) de se concerter sur les priorités de recherche, de partager des connaissances, et de co-construire des actions de recherche, de développement, de formation ou de communication dans leur thématique. Soutenus financièrement par le MAAF grâce à un appel à projets spécifique du CASDAR, ces deux RMT ont été reconduits récemment pour 5 années supplémentaires.

On peut y ajouter le RMT « Aforce », consacré à l'adaptation des forêts au changement climatique, qui a identifié des besoins de connaissances vis-à-vis des sols forestiers (conditions d'alimentation en eau, sensibilité au tassement, risques de baisse de la fertilité).

Enfin, plusieurs pôles de compétitivité affichent un intérêt pour préparer des projets innovants sur les sols associant des entreprises et des laboratoires de recherche. C'est notamment le cas d'Axelera dont le programme compte un axe sur la préservation et la restauration des espaces pollués, de Dream qui s'intéresse aux écotechnologies appliquées aux traitements de l'eau et des sols, d'Advancity qui a un comité stratégique dédié aux sols, sous-sols, infrastructures et réseaux ou encore de Team qui aborde les sols en lien avec le recyclage.

L'intérêt des dispositifs d'expérimentation et de suivi

- **Des systèmes d'observation et d'expérimentation de long terme**

Parmi les 19 systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement (Soere) labellisés par l'alliance AllEnvi, deux d'entre eux sont dédiés à l'étude des sols agricoles et à leur fonctionnement : agro-écosystèmes cycles biogéochimiques et biodiversité, produits résiduels organiques. Dans le secteur forestier, le Soere F-ORE-T rassemble 15 sites instrumentés qui sont complétés par deux réseaux (Renecofor et un autre en Gyane) qui aident à valider les modèles issus des sites ateliers. Plusieurs autres Soere traitent des cycles biogéochimiques intéressant les sols (tourbières, bassins versants). Sur ces dispositifs sont réalisées des mesures en continu. Les Soere permettent de tester de nouveaux indicateurs et de calibrer des modèles.

Il faut y ajouter les dispositifs d'essais de longue durée mis en place par les organismes de recherche et les instituts techniques qui permettent d'évaluer les effets de certaines pratiques sur les cycles biogéochimiques.

- **Le réseau SAFIR de sites ateliers pour la gestion des sols**

Ce réseau dont sont notamment partenaires les Gis Fi et 3SP regroupe un ensemble de sept sites représentatifs de diverses problématiques de gestion des sols qui sont mis à disposition d'équipes pour y mener des projets de recherche. Ces sites sont divers : friche industrielle de 80 ha en cours d'aménagement urbain, site de l'ancien bassin minier du Nord Pas-de-Calais avec des espaces aux usages multiples, ancien crassier métallurgique, sites de cokeries sur lesquels mettre en œuvre des solutions de traitement ou une gestion en atténuation naturelle, ancien site de tir de l'armée planté en vignoble et un autre site de vignoble pour travailler sur les pollutions diffuses.

- **L'innovation en sciences participatives**

Les sciences participatives permettent d'impliquer les acteurs professionnels dans les processus d'innovation. Plutôt que d'imposer en mode linéaire des solutions « clés en main » issues de la recherche, il s'agit de construire des méthodes et des outils entre les scientifiques et ceux qui auront à les utiliser.

À titre d'exemple, une telle démarche est promue par l'Observatoire français des sols vivants qui regroupe 245 agriculteurs exploitant 21 000 ha essentiellement en grande culture et en viticulture. Les agriculteurs collectent des données sur la base de protocoles rigoureux établis par les scientifiques. Ces données permettent d'identifier les pratiques les plus innovantes. Cette démarche a été mise en œuvre sur l'effet des pratiques agricoles sur la qualité biologique des sols dans le cadre du projet AgrInnov soutenu par le Casdar. Ce projet débouche sur un indicateur de fertilité des sols qui sera présenté en novembre 2015.

Les axes de recherche à développer

Les différentes réflexions menées au cours des dernières années convergent pour établir les priorités d'une stratégie de recherche sur les sols qui porteraient sur :

- la dynamique de la pédogenèse (mesure, compréhension des processus, modélisation) et son ingénierie, ainsi que le fonctionnement de la zone critique ;
- les impacts des changements climatiques sur le fonctionnement hydrique, physico-chimique, biogéochimique et biologique des sols, l'analyse et la prédiction des

processus d'érosion à différentes échelles spatiales et temporelles, la dynamique des sels (surtout en zone irriguée) sous différents scénarios climatiques, les moyens de lutte contre la salinisation ou d'adaptation à celle-ci, les outils de prévision de la portance des sols ;

- les connaissances (y compris le calcul économique) permettant d'optimiser les choix d'affectation des sols à un usage donné ;
- le génie pédologique (reconstruction de sols, mesures raisonnées de restauration de propriétés du sol) et les techniques de préparation et d'exploitation pour éviter de dégrader la qualité des sols ;
- la dynamique des polluants, la modélisation des interactions entre les apports diffus de polluants et les variations des propriétés du sol qui déterminent le devenir des contaminants, les dynamiques des contaminants et l'effet des pratiques de gestion des sols, les effets écotoxicologiques, les technologies de remédiation des sols pollués ;
- les outils d'évaluation environnementale notamment les analyses de cycle de vie des sols, leur résilience vis-à-vis des risques naturels et anthropiques en relation avec des seuils critiques, les bénéfices environnementaux et économiques des réhabilitations de sols ;
- l'améliorer les stocks de matière organique dans les sols pour contribuer à l'objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre¹³⁴ : métrologie des stocks de carbone et des flux de gaz à effet de serre, processus de stabilisation des matières organiques dans les sols, modélisation prédictive de la dynamique des matières organiques et du stockage de carbone, analyse de l'impact des systèmes de culture et pratiques sylvicoles sur les stocks de carbone, évaluation des services rendus par les matières organiques ;
- les micro-organismes et la microbiologie du sol, les interactions entre ces micro-organismes et les cycles des nutriments, les impacts des pratiques de gestion sur la microfaune et la biodiversité du sol, l'optimisation du fonctionnement biologique au sein des sols et les services rendus par la microfaune aux agrosystèmes ;
- le lien entre l'état des sols et les potentialités de leurs fonctions selon les pratiques et les usages envisagés, afin de fournir des outils pour une gestion durable des sols et l'aide à la décision.

Par ailleurs, les réseaux d'observatoires de long terme et de sites ateliers doivent être confortés pour suivre l'état des sols (bilan genèse/érosion, teneur et stock de carbone et émissions de gaz à effet de serre, etc.), évaluer les services écosystémiques, les effets des pratiques d'usage des sols, ainsi que les facteurs clés de la résilience et les leviers de la restauration des sols dégradés. Dans toute la mesure du possible, ces réseaux doivent être complétés avec un nombre de sites plus élevé afin de généraliser les processus et valider les modèles. Ces réseaux doivent permettre d'étudier les interfaces eau-sol-air.

Enfin, les dispositifs de recherche participative, associés à une plate-forme de connaissance et d'innovation multi acteurs, sont à encourager tant pour ce qui concerne les sols à usage agricole que la gestion des sols urbains et la restauration des sols dégradés. Ce processus permet d'identifier des pratiques performantes avec les acteurs de terrain puis de les tester pour valider les techniques extrapolables avant leur diffusion par les réseaux de développement (par exemple les chambres d'agriculture pour le secteur agricole).

¹³⁴ Une augmentation de 4 pour 1000 par an du taux de matière organique dans les sols permettrait de compenser l'ensemble des émissions des gaz à effet de serre de la planète : programme de recherche international, le « 4 pour 1000 », annoncé par le ministre Stéphane LE FOLL le 17 mars 2015.

4. Les données sur les sols

À la fin des années 1990, la France accusait un déficit en termes de connaissance de ses sols et de surveillance de l'évolution de leur qualité. Ce constat a conduit à la création en 2001 du groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol) qui réunit les ministères en charge de l'écologie et de l'agriculture, l'Inra, l'Ademe, l'IRD et l'IGN. Une unité de services « Info Sol » a été créée par l'Inra¹³⁵ pour coordonner les programmes d'acquisition de données, gérer ces données et en assurer la diffusion. Le Gis Sol a publié le premier rapport sur l'état des lieux de la qualité des sols de France en 2011¹³⁶.

Par ailleurs, un système d'information sur les risques de pollution des sols s'organise de manière autonome sous l'impulsion de la direction générale de la prévention des risques (DGPR) qui s'appuie principalement sur le BRGM. Cet établissement public n'est pas membre du Gis Sol pour des raisons historiques.

Enfin, d'autres dispositifs ont en charge le suivi de l'occupation des sols.

La production de données sur les sols

- Le programme d'inventaire, de gestion et de conservation des sols (IGCS)

À l'échelle mondiale, la seule base de données géographique sur les sols correspond à une cartographie au 1/5000 000 ce qui ne permet pas de l'utiliser à des résolutions continentales ou nationales. En Europe, la base de données géographiques harmonisée la plus précise est à l'échelle du 1/1000 000.

Depuis les années 1990, la France dispose d'une cartographie des sols au 1/1000 000 qui couvre l'ensemble du territoire national. Si elle a été pionnière en la matière, elle est moins avancée pour l'inventaire à plus grande échelle. Or les besoins de données s'expriment à plusieurs échelles :

- nationale pour orienter les politiques,
- territoriale pour la planification,
- parcellaire pour la gestion.

Pour répondre à ces besoins, le Gis Sol a engagé un programme d'inventaire multi-échelles des sols pour mieux les gérer. Ce programme porte sur trois échelles :

- les référentiels régionaux pédologiques (RRP) au 1/250 000 par région ou département ;
- la connaissance de la diversité pédologique de la France (CPF) à moyenne échelle (1/100 000 à 1/50 000) par petites régions ;
- les secteurs de référence à grande échelle (de l'ordre de 1/10 000) pour traiter de questions de gestion à l'échelle locale.

¹³⁵ Cette unité de services a pris la suite du service d'étude des sols et de la carte pédologique de France qui avait été créé en 1968 au sein de l'Inra, à Versailles, avant son transfert à Orléans en 1983. Ce service avait pour mission de réaliser la carte pédologique de la France au 1/100 000.

¹³⁶ Il faut cependant noter que cet état des lieux « Synthèse sur l'état des sols de France » n'inclut pas les données gérées en dehors du Gis Sol. Il ne peut donc pas être considéré comme exhaustif.

Les données recueillies dans le cadre de ces trois programmes sont essentiellement des paramètres pérennes des sols (type de sol, granulométrie, profondeur, pierrosité, etc.). Elles sont produites par un réseau de partenaires sur la base d'un cahier des charges cohérent avec la norme NF X31-560 d'acquisition des données pédologiques, harmonisées sous un format unique et vérifiées par Info Sol. Ces données sont capitalisées au sein d'un système d'information unique, au format DoneSol. Elles permettent d'élaborer des cartes de sols.

La cartographie au 1/250 000 se réalise à l'initiative de partenaires locaux avec un cofinancement assuré par le ministère en charge de l'agriculture (environ 20%), les collectivités territoriales et le FEADER. Ces modalités de réalisation ont eu pour conséquence de produire des cartes dont la continuité n'est pas toujours parfaitement assurée et un travail d'harmonisation est en cours. La couverture du territoire progresse et seulement quelques départements ne sont pas encore impliqués¹³⁷. À cette échelle, les données sont utilisables pour le pilotage à une échelle départementale, régionale ou de grand bassin versant.

L'ensemble des cartographies à moyenne échelle couvrirait entre 50 et 60 % du territoire métropolitain : autour de 30 à 35 % du territoire à l'échelle 1/100 000 et autour de 20 à 25 % du territoire au 1/50 000. La répartition est hétérogène et si certains départements¹³⁸ disposent d'une couverture totale au 1/50 000 d'autres n'ont aucune amorce de couverture¹³⁹. Il convient également de noter qu'il existe des cartographies au 1/25 000 qui peuvent couvrir de vastes surfaces, par exemple dans le département de l'Aisne. De par leur précision plus importante, les cartes à moyennes échelles ont un potentiel de valorisation important dans des domaines divers, en particulier pour l'aménagement du territoire. Elles sont toutefois d'un coût très supérieur¹⁴⁰ à la cartographie au 1/250 000.

- Le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)

Certains États européens, comme l'Autriche, la Belgique, le Royaume-Uni, la Suède et la Finlande, ont mis en place des dispositifs d'observation des sols, mais ceux-ci restent en nombre limité, et ils se caractérisent par une grande hétérogénéité des modes d'échantillonnage, des paramètres suivis et des méthodes.

Depuis 1985, la France disposait d'un observatoire de la qualité des sols concentré sur des sites subissant de fortes dégradations. Ce plan d'échantillonnage restreint et biaisé ne pouvait pas répondre à un suivi exhaustif du territoire.

Afin de suivre l'évolution des paramètres non pérennes (carbone, éléments traces métalliques, éléments polluants organiques, nutriments, micro organismes, faune et flore du sol), un dispositif de surveillance des sols, le RMQS, a été créé en 2001. Ce réseau est constitué de 2200 sites, répartis sur le territoire national selon un maillage systématique de 16 km de côté et représentatif des principales combinaisons entre types de sols et occupations des sols. Des prélèvements d'échantillons de sols sont effectués au centre de chaque maille tous les 10 à 15 ans, leurs propriétés sont analysées et les données sont bancarisées par Info Sol. Des échantillons sont systématiquement archivés au conservatoire des sols dont a été dotée récemment Info Sol, ce qui permet de disposer d'une mémoire des sols utilisable pour des analyses ultérieures sur des problématiques émergentes (35 000 échantillons stockés).

La première campagne du RMQS s'est achevée en 2010 et elle a permis de dresser un premier bilan de l'état des sols français. Elle a coûté de l'ordre de 5 M€ (hors salaires) financés pour plus

¹³⁷ En janvier 2015, seuls les départements des Ardennes, de l'Aveyron et de la Marne n'étaient pas impliqués dans l'élaboration de référentiels pédologiques régionaux.

¹³⁸ L'Indre, l'Indre et Loire, le Cher et la Vienne disposent d'une couverture totale de leur territoire au 1/50 000.

¹³⁹ Les régions de montagne sont assez peu couvertes par des cartes au 1/100 000, de même que la Normandie et le Nord-Pas-de-Calais.

¹⁴⁰ Entre une cartographie au 1/250 000 et une cartographie au 1/50 000, le coût est multiplié par 10 à 15.

de la moitié par le Medde et l'Ademe. Une deuxième campagne sera lancée fin 2015 afin de détecter des évolutions. Le caractère représentatif et non biaisé du RMQS en fait un outil très utile pour des évaluations ou des simulations nationales¹⁴¹. C'est un dispositif précieux d'appui aux politiques publiques qui doit être préservé et conforté.

De plus, la plupart des paramètres choisis ainsi que la densité des sites du RMQS français sont en accord avec les recommandations du programme Envasso mené par la DG recherche de la Commission européenne pour définir des indicateurs opérationnels et les modalités techniques d'une surveillance de la qualité des sols à l'échelle européenne.

- Le réseau Renecofor pour les sols forestiers

Seuls les sols forestiers ont fait l'objet d'un programme de surveillance coordonné à l'échelle européenne (projet ICP Forest).

En France, le suivi extensif et représentatif sur le plan spatial assuré par le RMQS est complété pour les sols forestiers par le réseau Renecofor, créé en 1992, et qui compte 102 placettes permanentes en forêt publique. Ce réseau permet un suivi plus précis des processus d'évolution de la qualité des sols et vise à comprendre leur impact sur le fonctionnement à long terme de l'écosystème forestier.

Seul réseau disposant à ce jour d'analyses de sols répétées et comparables dans le temps, Renecofor a notamment permis de mettre en évidence une augmentation moyenne de 1 t CO₂/ha/an du stock de carbone des sols forestiers. Ce type de résultat devra être confirmé sur un réseau plus large comme le RMQS. En ce sens, il serait souhaitable que l'ONF qui gère Renecofor participe aux travaux du Gis Sol, afin de mieux prendre en compte les enjeux autour des sols forestiers.

Les bases de données

Il existe de nombreuses bases de données sur les sols qui sont gérées pour la plupart d'entre elles par l'unité Info sol ou le BRGM :

- La base nationale « DoneSol » des données d'inventaire

La base de données DoneSol regroupe les données issues des inventaires pédologiques qui sont capitalisées au sein d'un système d'information qui s'appuie sur un modèle de données qui permet de disposer de l'ensemble des données dans un format unique ce qui facilite leur exploitation. Une interface web permet l'interrogation de la base de données et des logiciels de requête et de cartographie permettent d'extraire et de combiner diverses données pour élaborer des cartes thématiques. Info sol assure une formation à l'utilisation de DoneSol, ainsi qu'une « hotline » d'assistance aux utilisateurs.

- La base de données d'analyses de terres

La base de données d'analyses de terres (BDAT), gérée par Info sol, permet de surveiller les paramètres agronomiques des sols agricoles. Elle capitalise les analyses transmises sur une base volontaire par les laboratoires qui effectuent des analyses pour le compte des agriculteurs. Unique en Europe, cette base recense environ deux millions d'analyses de sols agricoles réalisées depuis plus de vingt ans, ce qui permet de dégager de précieuses tendances d'évolution¹⁴². Les résultats sont diffusés via un serveur web de cartographie avec une restitution à l'échelle cantonale.

¹⁴¹ Le RMQS a par exemple permis d'évaluer les stocks de carbone des sols de France et de prédire leur évolution sous l'effet du changement climatique ou de changements d'usage.

¹⁴² L'analyse des données a permis de mettre en évidence une forte hétérogénéité spatiale de la richesse des sols en phosphore, des baisses de teneur en carbone des sols et d'une hausse du pH des sols non calcaires.

- La base de données des éléments traces métalliques

La base de données sur les éléments traces métalliques (BDETM), gérée par Info sol, regroupe les analyses réalisées dans le cadre des obligations réglementaires associées aux épandages de matières fertilisantes à statut de déchet qui imposent une analyse des éléments traces métalliques présents dans les sols. Regroupant environ 74 000 échantillons, elle permet une évaluation des teneurs en ETM des sols et de leur répartition.

- Des bases de données dispersées sur les sols forestiers

Pour ce qui concerne les sols forestiers, plusieurs bases de données existent, mais elles ne sont pas mises en synergie, alors que chacune détient une partie des données qui serait nécessaire à la réalisation d'une cartographie à moyenne échelle répondant aux besoins des gestionnaires¹⁴³ : la base Donesol contient un peu plus de 5000 profils¹⁴⁴ de sols, la base Ecoplant gérée par AgroParistech Nancy contient les données pédologiques des catalogues de stations forestières et celles des réseaux de suivi forestiers (Renecofor et Biosoil) soit également au moins 5000 profils, la base de données des relevés d'inventaire de l'IGN (ex IFN) contient plus de 150 000 observations de sols réalisées sur sondages mais sans analyses de sols.

- De nombreuses bases de données sur les sites et sols pollués

Il n'existe pas à ce jour de base de données unique permettant d'accéder aux informations sur les pollutions des sols dues aux activités humaines actuelles ou passées. De nombreuses bases de données nationales ou locales existent avec des connexions limitées entre elles.

Deux banques nationales sont les sources principales d'information :

- BASOL est la base de données sur les sites et sols pollués qui appellent une action des pouvoirs publics, à titre préventif ou curatif. Elle est instruite et gérée par les inspecteurs des installations classées des DREAL. Plus de 5000 sites sont recensés et les fiches descriptives sont accessibles via un portail public Basolweb. Lorsque l'action de l'État est terminée, la fiche du site est publiée dans Basias et elle n'apparaît plus sur Basolweb ;

- BASIAS est la base nationale des anciens sites industriels et activités de service. Créée, instruite et gérée par le BRGM pour le compte du Medde en vertu de l'arrêté ministériel du 10/12/1998, elle conserve et diffuse des données factuelles de mémoire des inventaires historiques régionaux ou urbains des sites où une activité potentiellement polluante a été, ou est encore exercée. Elle ne permet pas de connaître, à défaut de diagnostic, la qualité réelle des sols qui peuvent être pollués ou pas. Les données sont accessibles au public par liste territoriale ou par carte avec la possibilité de télécharger les fiches des sites. Si les 300 000 sites recensés représentent la grande majorité des informations disponibles, elle n'est pas exhaustive et elle contient des informations plus ou moins précises et de qualité variable suivant les dates des inventaires.

En plus de ces deux bases, existent d'autres bases de données plus spécialisées, notamment celle de l'agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) qui recense plus de 1 000 sites avec des déchets radioactifs dont 43 étaient pollués en 2010¹⁴⁵ ; celle sur les 14 000 sites et sols pollués recensés par le ministère de la défense ; celle sur les anciens sites miniers dont certains pourraient être polluants qui est gérée par le BRGM.

Les données présentes principalement dans les bases Basias et Basol vont permettre d'identifier les secteurs potentiellement pollués sur lesquels des études de sols, voire des mesures de gestion de la pollution, seront requises en cas de changement d'usage de ces sols selon les dispositions

¹⁴³ La synergie entre bases de données a été mise en œuvre pour établir en 2008 la carte des pH de surface des sols forestiers. Une démarche équivalente pourrait être effectuée pour les bilans hydriques.

¹⁴⁴ Les 5000 profils de sols forestiers représentent 15 % des données alors que les surfaces forestières occupent près de 30 % du territoire, certaines zones étant très sous représentées (Massif Central, Landes, Ardennes).

¹⁴⁵ Certains de ces sites sont également répertoriés dans Basias et/ou Basol.

de l'article 173 de la loi ALUR qui instaure les secteurs d'information sur les sols. Elles sont également utilisées pour des analyses pressions-impacts par croisement avec d'autres bases de données environnementales, ainsi que pour des diagnostics de réduction des expositions¹⁴⁶.

- La base du fonds géochimique urbain

Par convention avec l'Ademe, le BRGM alimente une base de données d'analyses de sols urbains prélevés sur les grandes agglomérations en des lieux exempts de toute pollution ponctuelle locale. En 2014, la base comptait plus de 35 000 résultats d'analyses de 800 échantillons venant de 138 villes. La poursuite de ce projet permettra d'améliorer la connaissance de la géochimie des sols en milieu urbain et de disposer de données pour les diagnostics de site ou la gestion de terres excavées.

- La base de données nationale des mouvements de terrain

La base BD-MvT regroupe depuis 1994 environ 6 000 références d'informations historiques sur les mouvements de terrain (type, date d'occurrence, localisation, dommages causés). Elle est gérée par le BRGM et développée en partenariat avec l'IFSTAR et les services RTM.

- Les bases sur l'occupation des sols

Les données relatives aux évolutions de l'occupation des sols émanent principalement de deux bases de données, constituées d'une part, par Agreste (ministère en charge de l'agriculture) à partir de l'enquête Teruti-Lucas et, d'autre part, par le Cerema, à partir du fichier Majic de la Direction générale des finances publiques.

Teruti-Lucas mesure les évolutions de l'occupation du sol agricole à l'échelle nationale, régionale, voire départementale. Elle est construite sur la base d'un échantillon de portions de territoire, les résultats étant assortis d'intervalles de confiance qui dépendent de l'échelle de restitution. Si les résultats sont fiables jusqu'au niveau départemental pour les occupations du sol les plus importantes ou les plus homogènes dans leur répartition, ils ne le sont pas à une échelle plus fine. Les résultats pour les zones urbaines, qui constituent des surfaces segmentées de faible ou moyenne importance, sont donc à prendre avec précaution.

Exploités depuis 2009 par les services du ministère en charge de l'environnement, les fichiers fonciers constituent une base de données plus adaptée à l'étude des phénomènes de consommation d'espaces. Ils fournissent en effet une information fine (à la parcelle) sur l'occupation du sol et le bâti, avec une couverture nationale homogène et une mise à jour régulière. Cette base permet notamment de mesurer l'évolution des surfaces artificialisées cadastrées à l'échelle de la commune, de l'aire urbaine, du département et de la région.

Si les évolutions globales constatées par ces deux sources semblent se recouper, il n'en est pas de même dès l'on souhaite obtenir des informations plus détaillées d'utilisation du sol¹⁴⁷. Il n'est pas possible de distinguer finement les sols recouverts par des matériaux poreux, non poreux, ou laissés en herbe. La notion de bâti ne peut ainsi être quantifiée que globalement. Il est également difficile de faire la part entre destination et utilisation effective de sols. Dans tous les cas, il s'agit davantage d'identifier la vocation des espaces que de définir leurs caractéristiques.

Les données Corine Land Cover, exploitées par le Medde (CGDD-SOES), constituent une autre source officielle d'observation de l'occupation du sol. Leur mise à jour peu fréquente ne permettent

¹⁴⁶ Le croisement des données de Basias et des établissements accueillant des enfants a permis d'établir une liste de 2450 établissements sensibles situés sur ou à proximité d'anciens sites potentiellement pollués. A l'issue des diagnostics, 1085 établissements ont déjà pu être classés en trois catégories de risques. Cette action se poursuit dans le cadre du PNSE3.

¹⁴⁷ Par exemple, dans l'exploitation des fichiers fonciers, l'évaluation des surfaces de jardins ou terrains d'agrément est effectuée à partir d'un forfait appliqué aux parcelles bâties de grande taille. Les parcelles de plus petite taille intègrent dans un même ensemble l'assiette de construction des immeubles et les espaces verts qui les entourent.

pas de mesurer des évolutions à termes rapprochés. On ne dispose ainsi que des versions 1990, 2000 et 2006. La mise à jour 2012, prévue pour être disponible en 2014, ne l'est toujours pas au moment de la rédaction du rapport (rendu reporté à la fin du premier semestre 2015). Les analyses disponibles portent donc les évolutions 2000-2006 et ne sont donc plus pertinentes.

La diffusion et la valorisation des données

- Des marges de progrès en matière de diffusion des données

Le portail de diffusion du Gis Sol donne accès à des cartes thématiques et à des services web permettant de visualiser sous forme cartographique certaines données comme celles des analyses de terre ou des indicateurs de qualité des sols de nature pédologique ou issus de la surveillance¹⁴⁸. Ce portail permet également d'identifier les études de sols recensées sur un territoire. Il offre la possibilité d'ouvrir un compte sur l'interface web de la base de données Donesol.

Cependant, comme l'a relevé la mission d'évaluation du Gis, le porter à connaissance sur ce volet des données d'inventaire n'a pas l'ampleur qui serait souhaitable. Cette situation résulte en partie des modalités d'acquisition des données qui sont produites par des partenaires et souvent frappées de confidentialité pour ce qui concerne les données élémentaires¹⁴⁹. De plus, les données disponibles sont souvent en retard d'actualisation. Outre le problème posé au regard des exigences en matière de mise à disposition des données environnementales, cette situation de restriction d'accès crée un handicap pour la bonne utilisation des données dans des études sur les sols et elle est mise en avant par de nombreux acteurs qui demandent un accès facilité aux données sur les sols. Si les données sont très utilisées par les partenaires qui ont contribué à leur acquisition, elles restent globalement sous valorisées.

Outre le portail du Gis Sol, d'autres outils de diffusion existent. En particulier, le BRGM gère le portail Infoterre sur lequel sont accessibles les données des sites de la base Basias, ainsi que l'information sur les mouvements de terrain et sur les aléas liés au retrait-gonflement des argiles.

Certaines bases (Basias, Basol, BDETM) sont également accessibles via la rubrique consacrée aux sites et sols pollués sur le portail « risques » du Medde. Dans la rubrique « observation et statistiques » du site du Medde, il est possible d'accéder aux données sur l'occupation des sols (Corine Land cover).

Des synthèses sont disponibles sur le portail d'information publique environnementale « Tout sur l'environnement » qui renvoie vers les sites précédents.

- Un réseau multi acteurs pour mieux valoriser les données

Le réseau mixte technologique « Sols et territoires » été créé en octobre 2009 par des organismes de la sphère agricole qui souhaitaient travailler sur la valorisation des données sols. Il s'inscrit en complémentarité du Gis Sol. On y retrouve des maîtres d'ouvrage régionaux de l'IGCS (dont la chambre régionale d'agriculture Poitou-Charentes qui est le chef de file du RMT), l'Inra et des établissements de formation agronomique. Son programme s'articule autour de cinq axes de travail relevant de deux enjeux sur les données spatialisées : la connaissance et l'accès aux données, l'intégration des sols dans différentes politiques publiques.

Au cours de la première période de trois ans, les activités ont mobilisé 46 personnes correspondant à 9 ETPT, avec un soutien financier de 60 K€/an de la DGER pour l'animation.

¹⁴⁸ Les classes de texture, de régime hydrique, d'aléa d'érosion, ainsi que les teneurs en carbone, en phosphore, potassium, éléments métalliques.

¹⁴⁹ Des conventions de restriction de diffusion sont signées par le Gis Sol avec les propriétaires et avec ses partenaires. Une étude juridique est en cours pour préciser la situation de ces données issues d'un échantillon de sol privé mais acquises avec un financement public.

L'activité a surtout porté sur l'organisation du réseau et des réflexions préalables au montage de projets. L'animation est assurée conjointement par des personnels à temps partiel de la CRA Poitou-Charentes, de l'association pour la relance agronomique en Alsace et par la directrice de l'unité Info Sol de l'Inra.

Il semble que la mobilisation de partenaires autres que ceux déjà impliqués dans les démarches IGCS ait été difficile même si une ouverture intéressante a pu être réalisée hors de la seule sphère agricole avec par exemple l'implication récente du Cerema pour construire une réflexion sur l'utilisation des données sols dans les aménagements. Les instituts techniques agricoles sont peu impliqués et les liens sont faibles avec d'autres RMT ou Gis de filières. Il est également difficile de faire collaborer agronomes et pédologues ce qui est une condition pour fournir des outils utiles au conseil agronomique.

Un comité d'orientation qui se réunit annuellement a été mis en place en 2012. Ses membres extérieurs au réseau et désignés *intuitu personnae* viennent d'horizons divers. Ils ne représentent pas et n'engagent pas des institutions ce qui constitue une limite pour développer les actions en lien avec les politiques publiques. Globalement, la sensibilisation sur les sols reste au stade recherche et développement ou le fait d'initiatives individuelles et les actions au niveau régional s'inscrivent dans le cadre de l'agriculture écologiquement intensive ou sur des thématiques (l'érosion en Alsace par exemple).

Parmi les projets engagés, on peut relever :

- une interface web de mise à disposition des données du Référentiel Régional Pédologique (RRP) qui a été déployée sur quatre régions test. Ce projet s'inscrit dans une des priorités du RMT de porter à connaissance et mettre à disposition les données du RRP sachant que chaque gestionnaire régional a sa propre politique de diffusion ;
- le recensement des outils d'aide à la décision agricole dépendant du sol et la conception d'un projet visant à mettre à disposition des typologies régionales de sols à usage agronomique à partir des RRP ;
- une méthodologie de spatialisation du carbone dans les sols cultivés.

5. Bibliographie des principaux ouvrages consultés

- ADEME, juin 2014 – Carbone organique des sols
- ANR, 2013 - Quelles recherches sur les sols agricoles ?, Conclusions de la consultation scientifique prospective sur les sols
- Bardy M., Cousin I., Arrouays D., Richard G., 2014 - La qualité des sols et son évolution. Cahier Déméter Agriculture et foncier
- BIO by Deloitte, 2014 – Study supporting potential land and soil targets under the 2015 Land Communication, Final report, 439 p.
- BRGM, 2013 – Information du public sur les risques de pollution des sols
- Chevassus-au-Louis B., Rinié E., 2011 - Rapport d'étude Évaluation du Gis Sol
- Citeau L., Bispo A., Bardy M., King D. coord., 2008 - Gestion durable des sols, *Ed. Quae*
- Cheverny C., Gascuel C. coord., 2009 – Sous les pavés la terre - Connaître et gérer les sols urbains, *Editions Omniscience*, 208 p.
- Courtoux A., Claveirole C., 2015 – La bonne gestion des sols agricoles : un enjeu de société, Avis du Conseil économique, social et environnemental, 66 p.
- Rapport sur l'environnement – édition 2014 (chapitre « les sols ») publié par le service de l'observation et des statistiques du ministère de l'écologie, 384 p.
- Farcy C. (coord.), 2013 - Rapport d'évaluation du Réseau National de suivi à long terme des ECOSystèmes FORestiers (RENECOFOR)
- FRAPNA – FNE, 2009 – Le sol m'a dit... dossier pédagogique
- GESSOL, 2015 – Colloque de restitution « fonctions environnementales et gestion du patrimoine sol »
- Gis Sol, 2011 – L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.
- Gis Sol, 2011 – Synthèse sur l'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 24p.
- Jones A. et al., 2012, the State of Soil in Europe, JRC Reference Reports, 60 p.
- Laroche B. et al., 2014, Le programme Inventaire, gestion, conservation des sols de France, Étude et gestion des sols, 21, pp 125-140
- Party J.C., Granier A., 2014 - Données de sols dans la forêt française. Étude et gestion des sols, vol 21, pp 103-112
- Pellerin S., Bamière L., Angers D., Béline F., Benoît M., Butault J.P., Chenu C., Colnenne-David C., De Cara S., Delame N., Doreau M., Dupraz P., Faverdin P., Garcia-Launay F., Hassouna M., Hénault C., Jeuffroy M.H., Klumpp K., Metay A., Moran D., Recous S., Samson E., Savini I., Pardon L., 2013 - Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Potentiel d'atténuation et coût de dix actions techniques. Synthèse du rapport d'étude, INRA, 92 p.
- Richer de Forges A.C. et al, 2014 – La cartographie des sols à moyennes échelles en France métropolitaine, Étude et gestion des sols, 21, pp 25-36
- Recé M., Grail D., Caillaud M-A. coord., 2009 – Le sol, dossier INRA mensuel janvier 2009, *Editions Quae*, 183 p.
- Walter C., Bispo A., Chenu C., Langlais-Hesse A., Schwartz C., 2014 – Les services écosystémiques des sols : du concept à sa valorisation. *Cahier Déméter Agriculture et foncier*

6. Glossaire des sigles et acronymes

AFES	Association française pour l'étude du sol
ANR	Agence nationale de la recherche
CASDAR	Compte d'affectation spécial pour le développement agricole et rural
CDCEA CDPENAF	Commission départementale de consommation des espaces agricoles, devenue en 2015 commission départementale de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers
CNTE	Conseil national de la transition écologique
CTO	Composés traces organiques
DG ENV	Direction générale de l'environnement à la commission européenne
EPCI	Établissement public de coopération intercommunale
ETM	Éléments traces métalliques
FEADER	Fonds européen agricole pour le développement rural
GES	Gaz à effet de serre : CO ₂ , N ₂ O, CH ₄
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIEE GIEEF	Groupement d'intérêt écologique et économique, groupement d'intérêt écologique et économique forestier
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IED	Directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles
IPPC	Directive 96/61/CE relative à la prévention et la réduction intégrée des pollutions
Loi ALUR	Du 24/03/2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové
Loi ENE	Du 12/07/2010 portant engagement pour l'environnement, dite Grenelle II
Loi LAAAF	Du 11/09/2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt
Loi MAP	Du 27/07/2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche
Loi NOTRe	Du 16/07/2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République

Loi SRU	Du 13/12/2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain
MAAF	Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et de la forêt
MAEC	Mesures agro-environnementales et climatiques
MAFOR	Matières fertilisantes d'origine résiduaire
MEDDE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
ODD	Objectifs de développement durable (sommet de Rio 2012)
ONCEA OENAF	Observatoire national de consommation des espaces agricole devenu en 2015 Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers
PAC	Politique agricole commune
PLU[I]	Plan local d'urbanisme [intercommunal]
PNACC	Plan national d'adaptation au changement climatique
RENECOFOR	Réseau national de suivi à long terme des écosystèmes forestiers
RMQS	Réseau de mesure de la qualité des sols
RMT	Réseau mixte technologique
SAU	Surface agricole utile
SCOT	Schéma de cohérence territoriale
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SIS	Secteurs d'information sur les sols
SOeS	Service de l'observation et des statistiques du MEDDE
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
UE	Union européenne

