

L'état des sols en France : l'artificialisation et les autres sources de dégradation

Par Véronique ANTONI

Chargée de mission Sols et risques naturels, ministère de la Transition écologique et solidaire
– Commissariat général du Développement durable – Service de la donnée et des études statistiques
(MTES/CGDD/SDES)

et Marlène KRASZEWSKI

Chargée d'études et analyse sur le développement durable (MTES/CGDD/SDES)

Les sols sont au cœur des grands enjeux environnementaux, comme la disponibilité en eau de qualité, la préservation de la biodiversité, la sécurité alimentaire ou la lutte contre le changement climatique. Or, ils ne se renouvellent que très lentement. En dépit de ce rôle essentiel, les sols subissent des dégradations variées : érosion, diminution de leur teneur en matière organique, tassement, contamination, etc. Agriculture et foresterie, industrie, construction de logements et d'infrastructures et changements d'usage en sont les causes. L'artificialisation semble être actuellement la cause principale de la dégradation des sols. En 2015, les sols artificialisés représentaient 9,4 % du territoire métropolitain.

Essentiels au bon fonctionnement des écosystèmes et pourvoyeurs de ressources naturelles indispensables à l'humanité, l'existence, le fonctionnement et le rôle des sols n'en restent pas moins particulièrement méconnus. À peine décelables sous les aménagements croissants de logements et d'infrastructures, l'urbanisation accélère encore la perte du rapport des urbains aux sols. Pourtant, les sols remplissent bien d'autres fonctions que celle de supports pour des aménagements urbains.

Les fonctions du sol : entre évidence et abstraction

Les sols non seulement permettent de produire la biomasse agricole – assurant ainsi la sécurité alimentaire des populations – et sylvicole, mais fournissent également des matières premières énergétiques et minérales. L'extraction de matières premières du sol français a représenté 637 millions de tonnes (Mt) en 2014 (INSEE, 2017). Elle regroupe principalement la biomasse et les minéraux de construction, l'extraction de minerais métalliques et de combustibles fossiles restant marginale. Avec la récession de 2008, la baisse d'activité du secteur de la construction a réduit l'extraction de minéraux non-métalliques : 349 Mt en 2014, permettant de couvrir 90 % des besoins. Si, en 2014, la biomasse produite en France (287 Mt) a satisfait 83 % des besoins, les combustibles fossiles nationaux (1,1 Mt) en couvraient à peine 1 %.

Les sols participent naturellement à la filtration et à l'épuration de l'eau. Ils reçoivent aussi les boues des stations de traitement des eaux usées. En 2012, 42 % des boues (soit 415 milliers de tonnes de matière sèche) produites en France ont été épandues sur 2 à 3 % de la surface agricole utilisée (CGDD/SOES, 2015). Les sols participent en outre aux grands cycles biogéochimiques de l'eau, du carbone et de l'azote. À l'échelle globale, les sols stockent 2 à 3 fois plus de carbone que l'atmosphère et 3 à 7 fois plus que la végétation jusqu'à un mètre de profondeur. Ils constituent un immense réservoir de biodiversité : leurs micro-organismes sont considérés comme les êtres vivants les plus diversifiés et les plus abondants sur Terre. Enfin, les sols conservent le patrimoine géologique, archéologique et les informations liés aux paléo-environnements et à l'évolution climatique. En 2015, 72 réserves naturelles, dont un quart spécifiquement géologiques, préservent un patrimoine remarquable : affleurements, roches, minéraux, fossiles, formations ou structures (voir la Figure 1 de la page suivante).

De ce fait, des programmes scientifiques précoces, mis en œuvre en appui aux politiques publiques et répondant aux besoins de connaissance de la société, ont doté la France d'un système robuste d'observation et de surveillance de ses sols.



Figure 1 : Les fonctions du sol.

Source : ©FAO 2015, <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/fr/c/294324/>

La progression de la connaissance des sols : de l'inventaire et de la surveillance au concept global de sécurité des sols

Deux initiatives ont joué un rôle substantiel dans la progression de la connaissance des sols, ainsi que dans la consolidation de la communauté des sciences du sol. Le programme Gessol « Fonctions environnementales et gestion du patrimoine SOL » (CITEAU *et al.*, 2008 ; BISPO *et al.*, 2016), qui a été lancé en 1998 par le ministère de l'Environnement, structure une communauté de recherche et fournit des connaissances et des outils opérationnels pour évaluer, surveiller, gérer, voire améliorer la qualité des sols, qu'ils soient naturels, agricoles ou urbains. Parallèlement, le Gis Sol – Groupement d'intérêt scientifique Sol, qui a été mis en place en 2001 – constitue et gère un système d'information apte à répondre aux demandes des pouvoirs publics et de la société, aux niveaux local et national. L'un de ses projets phares, le réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), a établi une batterie d'indicateurs sur les métaux et les métalloïdes, le carbone organique, les polluants organiques persistants, la biomasse et, enfin, la diversité microbienne. Fort de l'avancée des connaissances en une décennie, le Gis Sol a publié en 2011 le premier rapport sur l'état des sols de France (GIS SOL, 2011). Depuis 2010, en s'appuyant sur les résultats des programmes d'inventaire et de surveillance du Gis Sol, le réseau mixte technologique Sols et Territoires valorise cette connaissance pour un développement durable des territoires ruraux.

Ces connaissances renseignent en continu sur les cinq dimensions sur lesquelles repose le concept global de sécurité des sols – *capacité, condition, capital, connectivité et codification* ⁽¹⁾ –, en distinguant l'évaluation de leur état optimal de celle de leur état actuel et de leur usage (ANTONI *et al.*, 2018). C'est notamment le cas pour évaluer la *capacité* d'un sol : « Que peut faire ce sol ? ». Les programmes de surveillance du Gis Sol alimentent la connaissance de la *condition* d'un sol : « Ce sol peut-il continuer à faire cela ? ». Quelques projets portant sur le stock de carbone ont permis d'aborder l'évaluation économique des sols (Gessol, Efese), leur *capital*. De nombreux documents pédagogiques destinés à des publics variés (éclairés, décideurs, non spécialistes) illustrent la *connectivité* entre les

(1) McBratney *et al.* (2014) suggest dividing soil security into different dimensions to distinguish between the assessment of the optimal state of the soil, the current state of the soil and how the soil is used. The resulting five dimensions are capability, condition, capital, connectivity and codification.

Capability and condition refer to the biophysical and more 'traditional' aspects of soil security. These aspects are better addressed in the literature as most existing soil science research is biophysical. Capital addresses the socio-economic concerns which arise from soil insecurity. External perceptions of soil are captured by connectivity and codification (Kralisnikov *et al.*, 2017). Connectivity describes the social dimension – how people, not just within the soil science community but globally, view and value the vital resource. Codification relates to the public policy and regulation necessary to achieve soil security.

sols et leurs usagers (COLLECTIF, 2017 ; ADEME, 2017). Enfin, quelques outils mobilisés en appui aux politiques d'aménagement du territoire, de dépollution des sols ou d'estimation des projections d'émissions de gaz à effet de serre, illustrent la *codification*.

L'état des sols en France au prisme des neuf limites planétaires

Les sols sont impliqués dans huit des neuf limites planétaires. Si, à ce jour, il est délicat de définir certaines limites à ne pas dépasser, il est toutefois possible de dresser un tableau factuel des principaux indicateurs pertinents (voir la Figure 2 ci-après).

Le sol résulte de l'altération des roches par l'action conjuguée des climats successifs et des activités biologiques et humaines. La grande diversité des sols et de leurs propriétés reflète donc avant tout celle du sous-sol, avec une variété de sensibilité aux pressions environnementales. Par exemple, le stock de carbone organique dépend essentiellement du type de sol et de son occupation : les stocks les plus faibles correspondant aux sols des vignobles (34 t/ha), les stocks moyens dans les grandes plaines cultivées (60 t/ha) et les plus élevés (80 à 90 t/ha) sous les prairies, les forêts et les pelouses (les pâturages naturels). Certains changements d'usage ou de pratiques agricoles favorisent le stockage de carbone dans les sols,

comme la conversion des cultures en prairies ou en forêts, ou encore le passage à une agriculture de conservation ou biologique. À l'inverse, la mise en culture de prairies ou de forêts entraîne une diminution du stock de carbone qu'elles renferment, qui est plus rapide que sa constitution.

Les organismes vivant dans le sol le protègent contre des dégradations physiques (érosion, tassement), améliorent sa fertilité et participent à la dégradation des contaminants. La biomasse microbienne s'échelonne entre 2 et 629 microgrammes d'ADN par gramme de sol, dans les sols métropolitains. Les sols les plus riches se situent dans la région Grand Est et dans les massifs montagneux, les sols les plus pauvres se trouvent dans les Landes, le nord et le nord-ouest de la France.

En 2006, la Stratégie thématique européenne pour la protection des sols identifie sept menaces (CE, 2006) : l'érosion, la diminution de leur teneur en matière organique, le tassement, la salinisation, les glissements de terrain, la contamination des sols et leur imperméabilisation (CE, 2012).

En France, comme en Europe, l'érosion hydrique est l'une des principales causes de dégradation (CGDD/SOES, 2015), avec une perte de 1,5 t/ha/an en moyenne. Pour près de 18 % du territoire métropolitain, elle dépasse 1 t/ha/an, seuil à partir duquel l'érosion peut être considérée comme



Figure 2 : Les sols abordés au prisme des neuf limites planétaires : principaux chiffres clés. Source : Gis Sol, BDAT, RMQS, 2015 ; Agreste, Citepa, Unifa, Comifer, 2012 ; MTEs/DGPR/Basol, 2018 ; Citepa, mise à jour avril 2017 – format Secten. Traitements : SDES, 2018.



Photo © Photothèque Terra MEDDE-MLETR : A. Bouissou

Le chantier d'aménagement urbain du nouveau quartier Clichy-Batignolles, à Paris.

irréversible pour 50 à 100 ans. L'érosion des sols peut avoir des conséquences catastrophiques, lorsqu'elle provoque des coulées d'eau boueuse. La France recense ainsi 74 700 arrêtés de catastrophes naturelles « coulées de boues » entre 1982 et 2013. De même, un quart des sols sont soumis à l'érosion éolienne en raison de la conjonction de plusieurs facteurs : une exposition répétée à des vents d'une certaine intensité, des caractéristiques de sols spécifiques comme celles des sols secs, l'absence de couvert végétal protecteur.

Les sols font l'objet de multiples pollutions. La pollution diffuse est plutôt due aux épandages agricoles (pesticides, engrais, certains métaux) et aux rejets aériens des industries et des moyens de transport. La pollution ponctuelle relève plutôt des activités industrielles ou des activités de service, actuelles ou anciennes. Si certains contaminants (métaux) sont naturellement présents dans les sols, leurs teneurs peuvent s'accroître considérablement du fait des activités humaines. Ainsi, les teneurs en plomb les plus élevées se situent à proximité immédiate des agglomérations du fait des transports et des activités industrielles. Parmi les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), le fluoranthène est particulièrement concentré dans le Nord-Est (mines, industrie). En outre, la moitié des sites et des sols pollués se concentre dans les anciennes régions minières ou fortement urbanisées (Auvergne-Rhône-Alpes, Grand-Est et Hauts-de-France).

L'artificialisation, principale cause de dégradation des sols en France

L'artificialisation des sols, également appelée consommation d'espace, correspond à une modification anthropique durable – et souvent irréversible – des sols qui sont soustraits à leur usage agricole ou à leur état naturel ou forestier. Les surfaces artificialisées incluent les sols bâtis à usage d'habitation ou d'activités et les sols revêtus ou stabilisés à destination des infrastructures de transport, ainsi que d'autres espaces non construits mais fortement modelés par l'activité humaine (espaces verts, chantiers, carrières, mines, décharges, etc.). Ces espaces artificialisés se distinguent entre eux par leur degré d'imperméabilisation, c'est-à-dire par l'importance de leur recouvrement par un matériau minéral hermétique, tel que le béton ou l'asphalte.

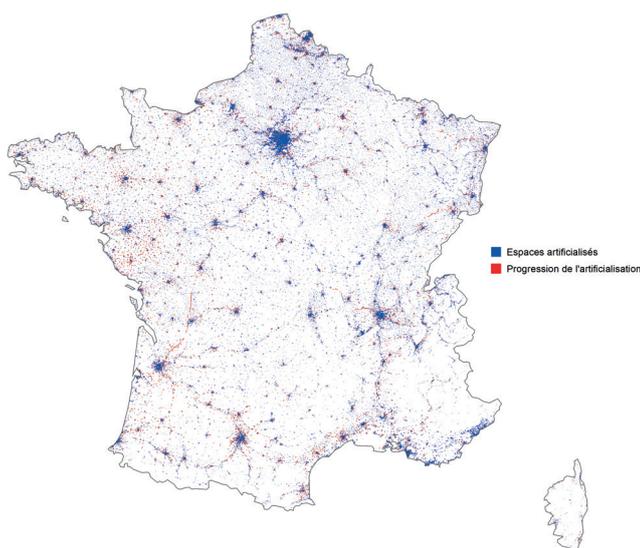
La mesure de l'artificialisation des sols

Eu égard à ses impacts ⁽²⁾, l'artificialisation constitue la principale cause de dégradation des sols en France. Elle

(2) Le taux d'artificialisation des sols constitue l'un des dix nouveaux indicateurs de richesse suivis dans le cadre de la loi Eva Sas (loi n°2015-411 du 13 avril 2015 visant à la prise en compte des nouveaux indicateurs de richesse dans la définition des politiques publiques).

favorise en effet le ruissellement de l'eau au détriment de son infiltration et accentue ainsi l'érosion des sols, les coulées d'eau boueuse et les risques d'inondation. Intervenant principalement aux dépens de terres à fort potentiel agronomique (CGDD/SOeS, 2011), elle affecte la production agricole. Enfin, l'artificialisation contribue au changement climatique en provoquant un déstockage rapide de carbone, lorsque les sols concernés ne sont pas très vite végétalisés ou recouverts.

Deux outils (le dispositif européen de mesure par télédétection CORINE Land Cover (CLC) et l'enquête annuelle Teruti-Lucas⁽³⁾) sont généralement mobilisés pour mesurer ce phénomène. Souvent utilisée, Teruti-Lucas est une enquête par sondages qui n'est représentative qu'à partir de l'échelle régionale. La méthode CLC couvrant le territoire de manière continue convient quant à elle, à une représentation géographique de l'occupation des sols. Étant d'une précision limitée, du fait d'un seuil descriptif de 25 ha, elle parvient mal à détecter l'habitat dispersé des territoires ruraux ainsi que la plupart des routes. Elle a donc tendance à sous-estimer le taux réel d'artificialisation. La dernière mise à jour, correspondant à l'enquête Teruti-Lucas de 2015, a porté ce taux à 9,4 %.



Note : les polygones de changement ont été épaissis par souci de lecture.

Figure 3 : Entre 2006 et 2012, l'artificialisation progresse dans le pourtour des grands pôles urbains.

Source : UE-SOeS, CORINE Land Cover, 2012.

Selon l'enquête Teruti-Lucas, la surface des sols artificialisés augmente sur la longue période, tout en ralentissant depuis 2008. Depuis 2010, près de 50 000 hectares sont ainsi concernés, pour les deux tiers aux dépens de terres agricoles.

Toujours d'après cette enquête, les espaces artificialisés sont constitués (AGRESTE, 2014) :

- pour deux tiers, de sols imperméabilisés, soit 6 % du territoire national. Il s'agit principalement de sols non bâtis, surtout des routes, parkings, aires de stockage et, dans une moindre mesure, de sols bâtis (essentiellement des constructions basses, de moins de trois étages) ;

- pour un tiers, de sols non imperméabilisés : sols enherbés en périphérie du bâti (jardins publics ou privés), terrains de sport et sols nus (chemins de terre, chantiers...). Ces sols constituent des modes d'occupation du sol plus facilement réversibles que ceux des sols imperméabilisés.

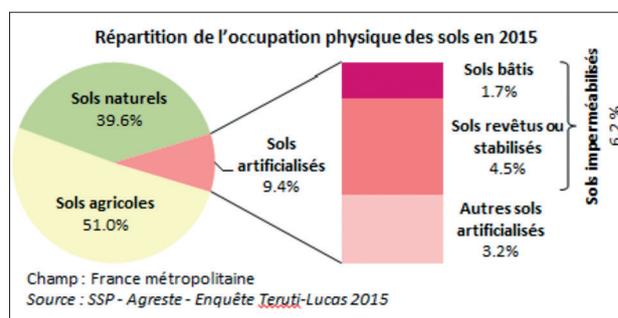


Figure 4 : Répartition de l'occupation physique des sols en 2015.

Selon l'enquête Teruti-Lucas, l'habitat individuel représente 46 % des sols consommés entre 2006 et 2014, soit 228 000 ha. Moins de la moitié (43 %) de ces surfaces est imperméabilisée (bâtie ou stabilisée), les pelouses et jardins étant dominants. Bien que l'habitat collectif progresse au même rythme que l'habitat individuel (+ 17 %, entre 2006 et 2014), il ne représente que 3 % des nouvelles surfaces artificialisées : en effet, un logement d'habitat collectif consomme moins d'espace (437 m² en moyenne) qu'un logement en habitat individuel (1 142 m² en moyenne), et ce, quel que soit le type de construction. Les réseaux routiers sont à l'origine de 16 % des surfaces artificialisées entre 2006 et 2014, soit 79 000 ha, correspondant à une augmentation de 12 %.

L'urbanisation, un déterminant de l'artificialisation des sols

L'urbanisation est le « moteur de l'artificialisation ». Elle s'accompagne d'un besoin en infrastructures. Une récente étude statistique du ministère en charge de l'Environnement (ALBIZZATI *et al.*, 2017) propose une approche inédite pour caractériser la consommation d'espace par le bâti en France métropolitaine. S'appuyant sur la base de données CLC, sur la BD CARTO® de l'IGN⁽⁴⁾ et sur les Fichiers fonciers⁽⁵⁾, cette étude exploite environ 1 200 000 permis de construire relatifs à de nouvelles constructions et créant de la surface hors œuvre nette, ayant été déposés entre 2005 et 2013 (base nationale Sit@del2).

L'impact environnemental d'une nouvelle construction étant différent selon sa localisation, l'étude distingue les formes urbaines associées à chacune d'elles (mitage du territoire, renouvellement urbain, densification du tissu urbain, urbanisation de masse). Il ressort, en premier lieu,

(3) Menée par le Service statistique du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation depuis 1992.

(4) Institut national de l'information géographique et forestière.

(5) Données administratives à vocation fiscale provenant de la DGFiP (Direction générale des Finances publiques) et retraitées par le Cere-ma (Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement) Nord-Picardie.

que 43 % des surfaces consacrées au bâti contribuent à la densification ou au renouvellement du bâti existant, et concernent, par conséquent, des espaces déjà artificialisés. Ce phénomène s'observe principalement dans les territoires où l'urbanisation est déjà importante.

L'étude montre ensuite que sur la période étudiée les espaces réellement consommés par le bâti (à savoir 15 000 ha, en moyenne, chaque année) se déclinent comme suit :

- 13 % font l'objet d'une artificialisation de masse (lotissement, zone d'activités, hameau ou quartier nouveau), cette dynamique étant très souvent rencontrée sur le littoral ;
- 45 % concernent une extension des zones urbaines en continuité avec le bâti existant, cette situation étant caractéristique des villes moyennes ;
- 42 % sont des espaces dispersés dans le territoire (mitage), cette situation concernant les territoires ruraux.

Enfin, l'étude montre que les habitations consomment en moyenne davantage d'espace par logement dans une situation de mitage que lorsqu'elles participent à l'extension du bâti ou font partie d'une artificialisation de masse.

Les causes et les conséquences de l'artificialisation doivent être examinées selon trois dimensions si l'on veut promouvoir une gestion économe des sols : le degré d'imperméabilisation et des perturbations subies, leur position dans la trame urbaine ou dans les paysages ruraux et les types d'activités qui s'y déploient (BÉCHET *et al.*, 2017).

Face aux enjeux liés à l'artificialisation des sols, de nombreux outils législatifs, réglementaires et territoriaux tentent de concilier développement urbain et préservation de l'environnement, tout en répondant aux besoins démographiques. La nouvelle génération des documents d'urbanisme issue du Grenelle de l'environnement et l'essor des éco-quartiers visent également ce même objectif.

Bibliographie

ANTONI V., SOUBELET H., RAYÉ G., EGLIN T., BISPO A., FEIX I., SLAK M.-F., THORETTE J., FORT J.-L., SAUTER J., BARDY M., LAROCHE B. & ARROUAYS D. (2018), "Contribution of knowledge advances in soil science to meet the needs of French State and society", in ARROUAYS D., CARRÉ F., BOUMA J., MCBRATNEY A. B. & RICHER DE FORGES A. C. (Eds), *Global Soil Security. More soil science – Society interfaces for soil security*, Taylor & Francis CRC Press.

ALBIZZATI C., POULHES M. & SULTAN PARRAUD J. (2017), « Les acteurs économiques et l'environnement », dossier « Caractérisation des espaces consommés par le bâti en France métropolitaine entre 2005 et 2013 », *Insee Références*, édition 2017, pp. 73-85.

BÉCHET B., LE BISSONNAIS Y., RUAS A. (pilotes), AGUILERA A., ANDRIEU H., BARBÉ E., BILLET P., CAVAILHÈS J., COHEN M., CORNU S., DABLANC L., DELOLME C., GÉNIAUX G., HEDDE M., MERING C., MUSY M., POLÈSE M., WEBER C., FRÉMONT A., LE PERCHEC S., SCHMITT B., SAVINI I. & DESROUSSEAU M. (2017), *Sols artificiali-*

sés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action, synthèse du rapport d'expertise scientifique collective, Ifsttar-Inra (France), 127 p.

COLLECTIF (coordination DUCOMMUN C. & LUCOT E.) (2017), *Les Cartes et les données pédologiques : des outils au service des territoires*, Dijon, Éditions Educagri, 171 p.

INSEE (2017), Fiche « 1.4 Sols », *Insee Références*, éditions 2017, pp. 96-97.

BISPO A., GUELLIER C., MARTIN É., SAPIJANSKAS J., SOUBELET H. & CHENU C., coord. (2016), *Les Sols : intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable*, Versailles, Éditions Quae, coll. « Savoir Faire », 384 p.

CGDD/SOES (2015), « Sols et environnement : chiffres-clés », *SOeS Repères*, novembre 2015, 104 p.

ADEME (2014), « Carbone organique des sols : l'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat », *Connaître et agir*, 15 p.

AGRESTE (2014), « L'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles », *Agreste Primeur*, n°326, juillet, 6 p.

CE (2012), "In-depth Reports. Soil Sealing", *Science for Environment Policy*, March, 41 p.

CGDD/SOES (2011), « L'artificialisation des sols s'opère aux dépens des terres agricoles », *Le Point sur*, n°75, février, 4 p.

GIS SOL (2011), *L'État des sols de France*, Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, 188 p.

CITEAU L., BISPO A., BARDY M. & KING D. (coord.) (2008), *Gestion durable des sols*, Versailles, Éditions Quae, coll. « Savoir Faire », 320 p.

CE (2006), « Communication de la Commission au Conseil, au Parlement européen, au Comité économique et social européen et au Comité des régions », COM(2006)231 final, Stratégie thématique en faveur de la protection des sols, 13 p.

Liens utiles

Basol : <http://basol.developpement-durable.gouv.fr/accueil.php>

CORINE Land Cover : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/donnees-ligne/li/2539.html>

Gessol : <http://www.gessol.fr/>

Gis Sol : <https://www.gissol.fr/>

Réseau Mixte Technologique Sols et Territoires : <http://www.sols-et-territoires.org/>

SDES : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/accueil.html>

Enquête Teruti-Lucas : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/enquetes/territoire-prix-des-terres/teruti-lucas-utilisation-du/>