

Les sols

Intégrer leur multifonctionnalité pour une gestion durable

A. Bispo, C. Guellier, É. Martin, J. Sapijanskas,
H. Soubelet et C. Chenu, coord.



Les sols

Intégrer leur multifonctionnalité
pour une gestion durable

Antonio Bispo, Camille Guellier, Édith Martin, Jurgis Sapijanskas,
Hélène Soubelet, Claire Chenu, coordinateurs

Collection *Savoir-faire*

Protection agroécologique des cultures

J.-P. Deguine, C. Gloanec, P. Laurent, A. Ratnadass, J.-N. Aubertot, coord.
2016, 288 p.

Le lapin

De la biologie à l'élevage
T. Gidenne, coord.
2015, 272 p.

Résidus de pesticides dans les céréales alimentaires

Origine, devenir et gestion raisonnée
F. Fleurat-Lessard
2015, 160 p.

Présures et coagulants de substitution

Comment faire le bon choix ?
J.-C. Collin, coord.
2015, 200 p.

Pesticides

Des impacts aux changements de pratiques
E. Charbonnier, A. Ronceux, A.-S. Carpentier, H. Soubelet, E. Barriuso, coord.
2015, 400 p.

Ouvrages parus chez Quæ dans la thématique sols :

- Petit lexique de pédologie (nouvelle édition augmentée), D. Baize, 2016, 288 p.
- Gestion durable des sols, D. King, M. Bardy, A. Bispo, L. Citeau, 2008, 336 p.
- Guide pour la description des sols, D. Baize, B. Jabiol, 2011, 430 p.
- Les sols ont-ils de la mémoire ? J. Balesdent, E. Dambrine, J. Fardeau, 2015, 176 p.
- Faut-il travailler le sol ? Acquis et innovation pour une agriculture durable, J. Labreuche, F. Laurent, J. Roger-Estrade, 2014, 192 p.

En couverture : parcelle agricole avec tournesol © C. Chenu / AgroParisTech ; sol des Causses © C. Jolivet / Inra ; sortie de terrain du conseil scientifique Gessol © A. Bispo / Ademe ; collembole © P. Lebeaux (<http://animailles.com/>) ; Montreuil, 2008 © L. Boukharava / Fondation Maison des sciences de l'homme.

Éditions Quæ

RD 10

78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2016

ISBN : 978-2-7592-2393-0

ISSN : 1952-1251

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

Cet ouvrage est dédié à Dominique King.

Dominique nous a quittés en 2011. Il présidait le conseil scientifique du programme de recherche Gessol depuis cinq ans.

Directeur de recherche en sciences du sol, spécialiste internationalement reconnu en cartographie des sols, il œuvra pour une meilleure connaissance des sols, de leur variabilité, de leur fonctionnement et de leur protection. Il fut un fervent partisan de l'approche « spatiale » des problématiques agronomiques et environnementales, développant durant toute sa carrière de nouveaux outils de cartographie et de modélisation de leur fonctionnement.

Le ministère chargé de l'Écologie lui confia, en 2006, la relance du programme Gessol. Persuadé qu'il fallait renouveler les approches scientifiques pour construire les bases d'une meilleure gestion des sols, Dominique impulsa pour le programme un changement majeur et durable en intégrant dans le conseil scientifique des experts des sciences humaines, économiques et sociales. Grâce à ses qualités de passeur et son ouverture d'esprit, il sut faciliter le dialogue entre disciplines et faire émerger des projets et une réflexion véritablement interdisciplinaires. Il instaura par ailleurs un changement complet de perspective : appréhender les sols non plus exclusivement sur un mode défensif, comme une ressource à protéger de la dégradation, mais également de manière positive, comme un milieu rendant des services, répondant à des besoins sociétaux qu'il convient donc de connaître et de gérer comme tels. Force est de constater que cette vision, radicalement novatrice à l'époque, s'est aujourd'hui imposée dans la communauté scientifique des sols.

Ses collègues et amis appréciaient par-dessus tout sa rigueur intellectuelle, son humour, son écoute attentive et sa très grande humanité.

Préface

Nous les foulons, nous les labourons, nous les imperméabilisons, mais nous ne les connaissons pas. Leur disponibilité et leur bon fonctionnement sont trop souvent considérés comme acquis. Sans que nous le percevions réellement, ils font ainsi l'objet de pressions de plus en plus fortes, résultat de demandes croissantes et antagonistes en logement, infrastructure, nourriture, matière première, énergie ou espaces de nature. Avec l'air et l'eau, les sols sont pourtant une des ressources élémentaires indispensables à toute vie terrestre. Formidable réservoir de biodiversité, ils sont à l'origine de 95 % des aliments que nous consommons ; ils contribuent en outre à réguler le climat ainsi que la qualité de l'eau et de l'air.

C'est pourquoi la communauté internationale, sous l'égide de l'Assemblée générale des Nations unies, a déclaré l'année 2015 « Année internationale des sols » et adopté en septembre 2015 un programme de développement durable dont plusieurs objectifs concernent les sols directement. Ainsi, le quinzième des dix-sept objectifs qui doivent guider l'action d'ici à 2030 vise notamment à restaurer les terres et sols dégradés et à s'efforcer de parvenir à un monde sans dégradation des sols. Catalyseurs d'une sensibilisation et d'une mobilisation progressive, ces décisions sont venues concrétiser la reconnaissance de l'enjeu majeur que constitue la préservation des sols.

À l'initiative de la FAO, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, un Partenariat mondial sur les sols a été créé en 2012. Son Groupe technique intergouvernemental a coordonné plus de 200 scientifiques de haut niveau pour publier, en clôture de l'année internationale des sols, le premier rapport sur l'état des ressources en sols dans le monde. Celui-ci fait état d'une situation préoccupante : à l'échelle globale, un tiers des terres sont modérément ou fortement dégradées. Le rapport pointe en particulier l'imperméabilisation et l'artificialisation comme la première menace sur les sols en Europe. Le Partenariat mondial sur les sols a adopté lors de son assemblée générale en mai 2016 un guide établissant des recommandations pour la gestion durable des sols. Ce document, qui représente une véritable avancée en matière de prise de conscience de la communauté internationale, est une première étape à une action coordonnée mondiale sur les sols.

Le programme d'action général de l'Union européenne pour l'environnement à l'horizon 2020, adopté en 2013, prolonge la stratégie thématique en faveur de la protection des sols, proposée par la Commission européenne en 2006, et assigne

des objectifs forts autour de leur gestion. Il prévoit de garantir d'ici à 2020 que les terres soient gérées et protégées de manière durable dans l'Union et que l'assainissement des sites contaminés soit en bonne voie. Il propose de mettre un terme, avant 2050, à l'augmentation nette de la surface de terres occupées. Sur la base de ce programme d'action, et suite à l'abandon du projet de directive sur les sols, initié en 2006, la Commission européenne a récemment relancé les discussions sur l'opportunité d'une législation européenne en la matière.

Enfin, les rapports sur l'état des sols de France (2011) et sur l'état de l'environnement en France (2014), réalisés respectivement par le groupement d'intérêt scientifique Sol et le ministère de l'Écologie, ont montré que la principale menace sur les sols est leur disparition pure et simple. En métropole, environ 20 % des sols sont affectés par une érosion dont l'intensité conduit à une perte irréversible et, chaque seconde, entre 12 et 28 m² sont artificialisés, principalement aux dépens des terres agricoles, mais aussi des milieux naturels. Pour répondre à cette menace, le Conseil scientifique du patrimoine naturel et de la biodiversité, placé auprès de la ministre de l'Écologie, a publié en juin 2014 un avis pour une politique de protection et de gestion durable des sols. Le Conseil économique, social et environnemental a, de son côté, rendu public ses préconisations pour la bonne gestion des sols agricoles en mai 2015. Enfin, saisis par les ministres chargés de l'Écologie et de l'Agriculture, le Conseil général de l'environnement et du développement durable et le Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux ont rendu en septembre 2015 leurs propositions conjointes pour l'élaboration d'une stratégie nationale de gestion durable des sols.

Ces quelques éléments montrent à quel point la sortie de cet ouvrage s'inscrit dans une actualité riche de défis et d'ambitions pour les sols de la planète. Si les objectifs spécifiques et les moyens de les atteindre peuvent être sujets à débats, l'ensemble de ces rapports et des initiatives qui les accompagnent souligne unanimement l'importance décisive de la connaissance et d'une recherche spécifique, interdisciplinaire et proche de l'action. Ce constat conforte l'engagement de longue date du ministère de l'Écologie qui, dès 1998, a mis en place un programme de recherche dédié aux fonctions environnementales et à la gestion du patrimoine sol. Le programme Gessol a ainsi été créé pour fournir aux acteurs nationaux et territoriaux de la gestion des sols les connaissances et outils opérationnels pour en évaluer, surveiller, préserver et restaurer la qualité. Au travers d'une animation scientifique forte et du financement de 46 projets, Gessol a contribué à structurer une communauté de recherche sur les sols des espaces aussi bien naturels, agricoles qu'urbains, dont cet ouvrage constitue une des concrétisations majeures.

Avec le colloque organisé en avril 2015, cet ouvrage, à l'image des 22 projets qu'il synthétise et met en perspective, marque l'aboutissement des développements initiés par les appels à propositions de recherche lancés en 2008 et 2009. Issues de la volonté d'identifier les moyens et les contraintes sociologiques, économiques, juridiques et culturelles permettant ou limitant la mise en œuvre effective d'une gestion durable des sols, les recherches rapportées ici sont résolument pluridisciplinaires. Associant sciences de la nature, sciences pour l'ingénieur et sciences humaines, économiques et sociales, elles se caractérisent par leur complémentarité

d'approches, leur capacité à éclairer les gestionnaires et l'unité de leur objet : les fonctions des sols et les services écosystémiques qui en dépendent. De la mise en place d'indicateurs pour la planification urbaine à la mesure des stocks de carbone, en passant par les instruments juridiques et économiques pour la protection des sols, la richesse des résultats obtenus est considérable. Aussi, un effort particulier a été accompli par le conseil scientifique du programme, avec l'appui des responsables de projets et du comité d'orientation, pour aboutir à une rédaction à la fois rigoureuse, transversale et accessible, des principales avancées qui résultent de ces travaux.

Nul doute que cet ouvrage contribuera à la diffusion des connaissances et à alimenter la réflexion, si ce n'est à directement modifier les pratiques, pour une gestion plus durable des sols.

Philippe Courtier
Chef du service de la Recherche
Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer
Claire Chenu
Présidente du conseil scientifique du programme Gessol

Remerciements

Nous tenons à remercier tous les membres du comité d'orientation du programme Gessol pour leur implication lors de la définition des textes des appels, pour la sélection des projets et leur participation à l'ensemble des journées d'animation du programme. Plusieurs ont contribué au succès du colloque de restitution, à travers la présidence des sessions de présentation. Plus particulièrement, nous tenons à remercier les membres suivants qui se sont impliqués dans la relecture et la proposition de modifications des divers chapitres de cet ouvrage : Benjamin Balloy (Assemblée permanente des chambres d'Agriculture, APCA), Corinne Bitaud (ministère en charge de l'Agriculture - direction générale de l'Enseignement et de la Recherche, DGER), Isabelle Feix (Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie, Ademe), Jean-Luc Fort (réseau mixte technologique Sols et territoires), Christine King (Agence nationale de la recherche, ANR), Aurélien Louis (ministère en charge de l'Environnement - direction générale de la Prévention des risques, DGPR), Fabienne Marseille (ministère en charge de l'Environnement - Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement, Cerema / DtecITM), Jean-Luc Perrin (ministère en charge de l'Environnement - direction générale de la Prévention des risques, DGPR) et Noémie Pousse (Office national des forêts, ONF).

Nous adressons également nos remerciements aux experts sectoriels suivants qui ont contribué à actualiser le contenu des différents chapitres et à les préciser : Carole Constans-Martiny (ministère en charge de l'Environnement), Christian Feller (Institut de recherche pour le développement, IRD), Yann Kervinio (ministère en charge de l'Environnement - commissariat général au Développement durable), Joseph Lunet (ministère en charge de l'Environnement - direction générale de l'Énergie et du Climat), Aurélien Million (ministère en charge de l'Agriculture - direction générale de la Performance économique et environnementale des entreprises), Doris Niklaus (ministère en charge de l'Environnement - commissariat général au Développement durable) et Valérie To (ministère en charge de l'Environnement - commissariat général au Développement durable).

Nous remercions enfin les personnes qui ont assuré la coordination, le pilotage et le suivi du programme : au ministère chargé de l'Environnement, Marion Bardy, Murielle Millot, Claire Hubert et Patrice Bueso, et à l'Ademe, Thomas Eglin.

Sommaire

Préface.....	5
Remerciements.....	8
Avant-propos.....	13
Introduction générale	
Sols et société : enjeux actuels	15
Nos sociétés et notre environnement dépendent des sols.....	15
Les sols, une ressource finie et sous pression.....	25
Le programme Gessol : la recherche finalisée pour une gestion durable des sols	45
Bibliographie.....	49

Partie 1

Diversité des usages et des perceptions des sols

Quelles perceptions avons-nous des sols ?	57
1. Sols et urbanisme	59
Le sol : une surface à bâtir	59
Le sol : un milieu épurateur.....	60
Le sol : un support pour l'esthétique des espaces verts.....	64
Les sols : une contrainte supplémentaire.....	69
Bibliographie.....	70
2. Sols et agriculture	71
Des perceptions du sol différenciées selon le mode de production agricole	71
Perception d'une pratique réglementée : la couverture hivernale du sol.....	74
Les pratiques sur les sols interrogées par l'agriculture de conservation	75

L'accompagnement des agriculteurs dans les changements de pratique.....	77
Bibliographie.....	81
3. Sols et citoyens	83
Construction sociopolitique et culturelle des jardins en Russie	84
Jardins ouvriers en France et démarche sociale.....	88
Un besoin de nature en ville	90
Bibliographie.....	91
Construire une perception multifonctionnelle des sols	93

Partie 2

Intégration d'enjeux globaux dans les pratiques et la gestion des sols

Les sols dans le contexte politique actuel	99
4. Sécurité alimentaire et production de biomasse	105
La nécessaire hausse de la production agricole	106
Modalités d'actions pour augmenter la production et limiter la demande	108
Sécurité alimentaire : les sols comme enjeu international.....	113
Conclusion.....	115
Bibliographie.....	115
5. Sols et changement climatique	121
La place du sol dans les négociations climatiques internationales et européennes.....	121
Les matières organiques des sols, principal stock de carbone des écosystèmes continentaux	123
Estimation de la teneur et des stocks en carbone organique et inorganique au laboratoire.....	127
Estimation de la teneur et du stock en carbone organique <i>in situ</i>	130
Estimation de la teneur et du stock en carbone organique de la parcelle au territoire	133
Mesure par spectrométrie infrarouge de l'effet d'épandages sur la teneur en carbone des sols	136
Raisonnement des apports de PRO aux sols au niveau d'organisation spatiale d'un territoire.....	137
Vulnérabilité du carbone organique des sols au climat	143
Conclusion.....	146
Bibliographie.....	147

6. Gestion des sols et biodiversité	151
Une biodiversité immense et méconnue	151
La mesure de la biodiversité des sols : un ensemble d'approches.....	156
Les sols : des îlots de biodiversité en ville	169
La biodiversité agricole, forestière et des espaces naturels	174
Conclusion.....	190
Bibliographie.....	192
7. Gestion de la fonction de filtration et de régulation des contaminants par les sols	199
Le sol, régulateur de la quantité et de la qualité de l'eau.....	199
La gestion des sols agricoles pour réduire la contamination des milieux aquatiques.....	204
La gestion des sols urbains et péri-urbains pour réguler les flux et épurer les eaux	223
Conclusion.....	239
Bibliographie.....	240
Gérer durablement les sols pour affronter les enjeux mondiaux.....	247

Partie 3

Démarches et outils en appui aux politiques publiques

Les politiques publiques et la gestion des sols	251
8. La prise en compte de la qualité des sols dans le droit français	259
Les qualités du sol en droit international et européen	260
L'appréhension juridique des qualités du sol	263
La promotion juridique des services écosystémiques du sol.....	274
Conclusion.....	279
Bibliographie.....	280
9. Des outils intégrés d'aide à la décision pour une meilleure gestion des sols.....	285
L'analyse du cycle de vie	286
Vers un indice de polyvalence d'usages des sols	294
Conclusion.....	308
Bibliographie.....	308

10. Démarches et outils économiques.....	311
Le capital sol, un concept en développement apte à guider la décision.....	314
Des outils de gestion de la pollution diffuse.....	319
Les déterminants comportementaux de l'efficacité des politiques publiques ...	322
Conclusion.....	328
Bibliographie.....	329
11. Restauration des sols : panorama, limites et perspectives	333
La dégradation des sols, un concept en débat.....	333
Restaurer les sols.....	335
Compenser les pertes de sol.....	337
Remédier les sites et sols pollués	337
La réhabilitation par la construction d'un sol.....	342
Conclusion.....	356
Bibliographie.....	357
Connaître et utiliser les démarches et outils de protection et de gestion des sols.....	361
Conclusion générale	
Pour une gestion durable des sols	365
Un programme de recherche unique et précurseur.....	366
Perspectives et recommandations pour une gestion plus durable des sols.....	369
Sigles et acronymes.....	375
Liste des auteurs	377

Avant-propos

Cet ouvrage synthétise et met en perspectives les résultats significatifs des 22 projets les plus récents du programme de recherche Gessol. Il ne constitue donc pas un traité de pédologie et ne prétend pas à l'exhaustivité. Valorisant les complémentarités entre projets, il a au contraire été rédigé pour présenter de manière accessible et attractive les avancées du programme selon différents angles de vue thématiques ou opérationnels. Il est ainsi organisé en cinq sections.

La partie introductive « Sols et société : enjeux actuels » explicite les multiples liens entre le sol et nos sociétés humaines. Elle ne présuppose aucune connaissance sur le sujet et recèle des informations scientifiques et contextuelles nécessaires à la compréhension du reste de l'ouvrage. Elle décrit également les menaces pesant sur les sols et la manière dont le programme Gessol a évolué pour mieux appuyer la transition vers leur gestion durable.

La première partie « Diversité des usages, diversité des perceptions » examine dans quelle mesure les perceptions du sol dépendent de l'usage ou de l'utilisateur considéré. Elle cherche à savoir quels déterminants influent sur les choix de gestion et constituent ainsi des leviers potentiels pour des politiques de gestion durable des sols plus efficaces.

La deuxième partie « Intégration d'enjeux globaux dans les pratiques et la gestion des sols » avance des éléments de réponse dans quatre chapitres thématiques. Il s'agit de la sécurité alimentaire, de la production d'énergie et de matériaux biosourcés (soit les objectifs de développement durable n° 2, 7, 12 et 15 de l'Agenda 2030 des Nations unies) ; de la régulation du climat (objectif n° 13) ; de la gestion de l'eau et des contaminants (objectifs n° 6 et 3) ; et, enfin, de la préservation de la biodiversité (objectif n° 15).

La troisième partie décrit les « Démarches et outils en appui aux politiques publiques » développés dans le cadre du programme Gessol. Les trois premiers chapitres rassemblent les propositions des projets pour mieux aborder la préservation des sols au travers du droit ; d'approches économiques ; et de la mise à disposition d'outils d'aide à la décision tels que l'analyse de cycle de vie ou un indicateur de qualité des sols pour la planification urbaine. Les méthodologies de restauration des sols dégradés, en particulier les technologies de construction de sols, font l'objet du chapitre final.

La conclusion replace le programme dans son contexte et met en évidence la transversalité entre les acquis des différentes thématiques détaillées dans les trois parties. Elle analyse également les valorisations actuelles ou potentielles de ces acquis en matière de méthodes et d'outils, et ouvre des perspectives de recherche et de politiques publiques pour accompagner une gestion plus durable des sols.

Les chapitres, et *a fortiori* les parties, ont été conçus pour pouvoir être lus indépendamment, permettant au lecteur d'aller chercher les informations qui l'intéressent, en fonction de ses besoins et de ses propres connaissances sur les sols. Pour une entrée rapide, deux sources d'informations sont disponibles sur le site Internet du programme (<http://www.gessol.fr>) : les actes et vidéos du colloque final présentant les 22 projets en une dizaine de minutes chacun et les fiches de synthèse rappelant, pour chaque projet, la démarche scientifique qui a été la sienne et les principaux enseignements tirés. Enfin, les rapports complets, également disponibles sur le site de Gessol, permettent une prise de connaissance plus approfondie des projets. Les coordinateurs de section sont signalés par un astérisque.

Introduction générale

Sols et société : enjeux actuels

C. Chenu*, A. Bispo*, C. Guellier, É. Martin,
J. Sapijanskas et H. Soubelet

Sol : nom masculin, du latin *solum*.

« Couche supérieure de la croûte terrestre transformée par des processus climatiques, physicochimiques et biologiques, composée de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants organisés en horizons de sols génétiques. » (ISO, 2015.)

De cette définition abstraite, ou de l'expérience quotidienne de la terre que nous foulons, avons-nous réellement conscience du rôle des sols pour l'environnement et notre bien-être ? Mesurons-nous la quantité et la qualité des ressources en sols nécessaires pour satisfaire nos modes de vie ? Avons-nous suffisamment connaissance de l'étendue et des conséquences de la dégradation des sols ? Savons-nous réellement ce qu'est un sol ?

Nourriture, matériaux, logements, infrastructures, espaces de loisirs et de nature : cette introduction apporte des éléments de réponse en abordant les sols par l'utilisation que nous en faisons. Après un panorama synthétique des enjeux et des notions clés liés au sol, elle présente les spécificités et les derniers développements du programme de recherche Gessol dont est issu cet ouvrage.

Nos sociétés et notre environnement dépendent des sols

Les sols sont le support des sociétés humaines : ils font partie de notre milieu de vie et sont à l'origine de notre alimentation et, au-delà, de la fourniture en fibres, en énergie et en divers matériaux, tout autant que d'espaces de développement. Nous l'ignorons bien souvent, mais, comme nous le rappelle la figure mythologique d'Antée¹, nous avons toujours été dépendants du sol.

¹ Géant, roi de Lybie, Antée avait la particularité d'être pratiquement invincible tant qu'il restait en contact avec le sol, car sa mère Gaïa, la Terre, lui rendait des forces nouvelles chaque fois qu'il la touchait. Il fut vaincu par Héraclès qui le souleva de terre et l'étouffa.

Des supports pour la production d'aliments, d'énergie et de matériaux

Le sol est le milieu dans lequel s'ancrent les racines des plantes et où elles trouvent l'eau, l'air, les nutriments minéraux et les auxiliaires biologiques nécessaires à leur développement. Il est donc indispensable à la production végétale et permet de nourrir les hommes et les animaux, de produire des fibres, des matériaux et des combustibles.

Les sols fournissent ainsi, directement ou indirectement, près de 95 % de l'alimentation mondiale (FAO, 2015). La surface agricole mondiale occupe environ 37 % des terres émergées, soit 4,9 milliards d'hectares, et la superficie forestière 30 %, soit 4 milliards d'hectares (FAOstat, 2011).

Dans un contexte global de croissance démographique, d'augmentation des niveaux de vie et de modifications des régimes alimentaires, il est estimé que la production vivrière mondiale devra progresser de 60 à 100 % pour nourrir les 9,6 milliards d'hommes et de femmes attendus en 2050 (Godfray *et al.*, 2010 ; Alexandratos et Bruinsma, 2012), ceci alors que la sécurité alimentaire² est loin d'être atteinte aujourd'hui. En effet, au moins 795 millions de personnes dans le monde, soit un être humain sur neuf, sont en situation de sous-alimentation chronique (FAO, FIDA, PAM, 2015). Un récent rapport du programme des Nations unies pour l'environnement estime que la surface nécessaire pour produire cette biomasse alimentaire supplémentaire est considérable : de 71 à 300 millions d'hectares de cultures, sans tenir compte des besoins en sols pour la production de bioénergie et de matériaux biosourcés, ni de la perte de surface de sols due à l'expansion urbaine et à leur dégradation (Unep, 2014 ; chapitre 2).

En parallèle, la demande énergétique mondiale croît aussi fortement, en particulier dans les pays en voie de développement. Une partie de cet accroissement sera couverte en sollicitant le sol pour la production d'énergies issues de la biomasse : 48 à 80 millions d'hectares supplémentaires seront ainsi dédiés à cette production entre 2005 et 2050 (Unep, 2014 ; chapitre 2).

La biomasse est également de plus en plus utilisée comme source de matériaux renouvelables dans la production de textiles, de lubrifiants, de tensioactifs, d'additifs, de colles, de matières plastiques, etc. Ainsi, en Europe, un total de 2,27 millions d'hectares de cultures agricoles était utilisé en 2005 à la production de matériaux biosourcés contre 2,8 millions d'hectares pour la production de bioénergie (Jering *et al.*, 2010). D'ici 2050, les surfaces de culture mobilisées pour l'ensemble des productions de matériaux biosourcés pourraient augmenter de 4 à 115 millions d'hectares. Les données très lacunaires et les développements technologiques possibles dans ce secteur empêchent cependant toute projection véritablement fiable (Unep, 2014 ; chapitre 2).

² La sécurité alimentaire existe lorsque tous les êtres humains ont, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive, leur permettant de satisfaire leurs besoins énergétiques et leurs préférences alimentaires pour mener une vie saine et active (FAO, 1996).

Enfin, les sols fournissent depuis toujours, et dans toutes les régions du monde, des matériaux locaux pour construire les habitats et de nombreux édifices de défense, culturels ou cultuels (fig. 1). Encore aujourd'hui, plus de la moitié de la population mondiale vit dans une habitation en terre crue ou cuite, sur tous les continents et sous tous les climats (Anger et Fontaine, 2009). Différents types de sols et de sous-sols sont exploités. Les sols argileux servent à la fabrication de briques, de pisé, de torchis, mais également de poterie et de tuiles. En France, environ 130 usines transforment un peu plus de 4,3 millions de tonnes d'argile extraites du sol national par an (FFTB, 2014)³. Des sols et sous-sols, comme ceux de Fontainebleau ou du lit majeur de la vallée de la Loire, sont utilisés pour l'extraction de sable. Des granulats sont extraits des sols alluvionnaires pour la construction et les routes. Enfin, des sols tourbeux (peu fréquents en France) ont longtemps été exploités comme source de combustible, et le sont aujourd'hui encore pour fournir l'horticulture en supports de culture.



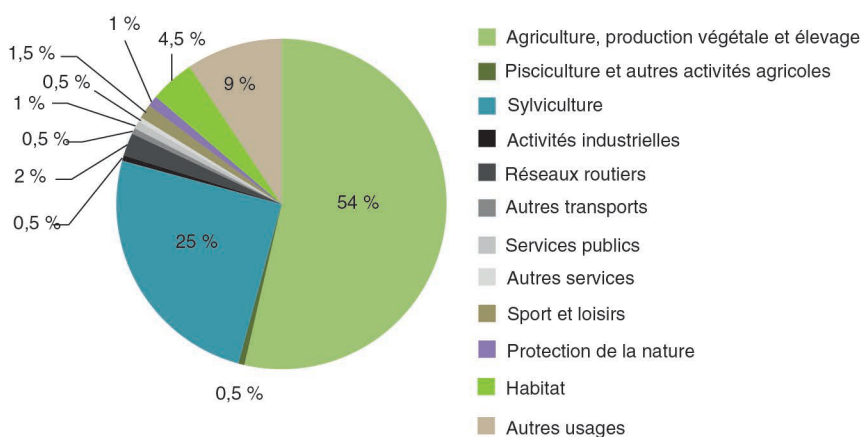
Figure 1. Terre argileuse utilisée par certains habitants de Madagascar pour la construction de leurs maisons. © C. Guellier.

³ Données portant sur l'année 2014.

Des supports de nos villes et infrastructures

Le sol est aussi le support des activités industrielles et commerciales, des infrastructures de transport (routes, voies ferroviaires, etc.) et de loisirs. Actuellement, les surfaces artificialisées représentent environ 1 à 3 % de la surface des continents (Unep, 2014), les villes occupant 0,5 % des terres émergées (Schneider *et al.*, 2009). Mais les évolutions récentes et projetées des surfaces correspondantes laissent entrevoir une exacerbation des conflits d'usages des sols (cf. chapitre 2). En 2014, 54 % de la population mondiale vivaient dans des villes et en 2050 cette proportion sera de 66 %, l'essentiel de la croissance démographique étant

a) Occupation fonctionnelle des terres en France métropolitaine en 2012



b) Occupation physique des terres en France métropolitaine en 2012

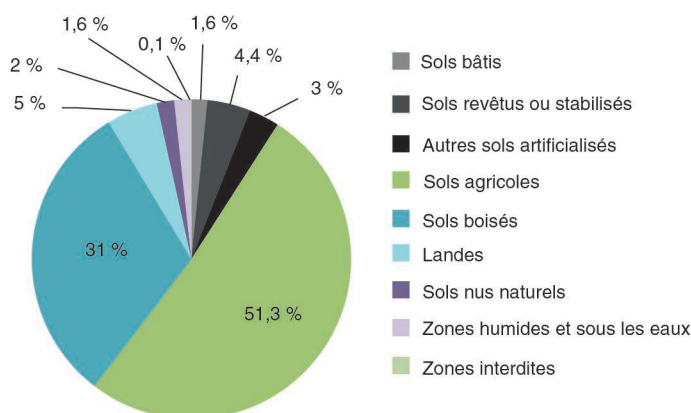


Figure 2. Occupations fonctionnelle et physique des sols en France.

Source : d'après Teruti-Lucas, 2014.