

# Les sols : préservons ce socle de la vie pour les prochains siècles !

Par Dominique DRON

Ingénieure générale des Mines

et André-Jean GUÉRIN

Ingénieur général honoraire des Ponts, des Eaux et des Forêts

Les sols sont les supports des principales ressources utilisées par les hommes. C'était vrai hier : nourriture, matériaux, énergie, paysages, et même, très longtemps, les principales incarnations du sacré (arbres, forêts...). Aujourd'hui, si d'autres sources d'énergie ont pu (charbon, pétrole, gaz, uranium) et pourraient prendre le relais (soleil direct, vent), la nourriture reste d'abord terrestre, et la bioéconomie promet, demain, de remplacer de plus en plus les polymères pétrosourcés par des chaînes moléculaires issues du vivant, en milieu confiné ou en plein air, voire de l'océan. Mais à la condition de connaître, de respecter et d'entretenir les processus du renouvellement de la vie sur longue période<sup>(1)</sup>.

Aujourd'hui, l'humanité utiliserait entre 12 et 16 milliards de tonnes de matière sèche. C'est moins de 10 % du total de la production primaire nette de biomasse et moins de 20 % de celle accessible<sup>(2)</sup>. Cette récolte représente de 5 à 7 gigatonnes d'équivalent pétrole (Gtep) par an (soit de 210 à 294 exajoules (EJ)/an), soit plus que celle du charbon (3,9 Gtep, soit 164 EJ), du pétrole (4,4 Gtep, soit 185 EJ) ou du gaz (3,2 Gtep, soit 134 EJ). La biomasse demeure la première source mondiale d'équivalent énergétique<sup>(3)</sup>. Cette ressource suit des transformations plus ou moins longues et complexes. Elle ne sert que pour 15 % à l'alimentation humaine directe. Tout le reste va vers l'industrie (20 %, hors industrie alimentaire), l'énergie (chaleur, cuisine, chauffage, traction animale, pour 33 %) et sert également à nourrir les animaux d'élevage (32 %), lesquels sont eux-mêmes, pour l'essentiel, destinés à l'alimentation humaine.

Ce prélèvement est en apparence modeste. Rappelons-nous cependant que rien ne reste inutilisé dans la nature. Chaque usage supplémentaire des productions vivantes est une dérivation à organiser et à reboucler sur les chaînes trophiques existantes, et non une extraction réalisée à partir d'un gisement inerte aux échelles de temps humaines, comme le serait un stock d'hydrocarbures.

En outre, ces chiffres ne doivent pas, pour autant, cacher les dégradations qui accompagnent ce prélèvement. Celles-ci ont commencé dès les débuts de l'ère néolithique avec le développement de l'agriculture, l'élevage, les déforestations, l'érosion des sols ou leur salinisation. Elles se sont massifiées, étendues et diversifiées depuis deux siècles et demi avec la révolution industrielle et l'utilisation massive des énergies fossiles, lesquelles ont permis de décupler la population mondiale. Aujourd'hui, la déforestation tropicale sévit au rythme de 600 000 hectares par an environ<sup>(4)</sup>. En France, la superficie des sols artificialisés s'accroît de l'équivalent d'un département tous les 7 à 10 ans, et jusqu'à 20 % des sols de notre territoire national sont affectés par une forte érosion hydrique<sup>(5)</sup>. L'utilisation croissante d'engrais minéraux contribue à la dégradation de presque toutes les masses d'eau<sup>(6)</sup>, notamment du fait des nitrates, des phosphates, des produits phytosanitaires ou d'un excès de matières organiques. L'utilisation généralisée des produits phytosanitaires, notamment des insecticides, est à mettre en parallèle avec l'effondrement des populations d'insectes et de celles des animaux qui leur sont alimentaires inféodés<sup>(7)</sup> (oiseaux, reptiles, amphibiens, mammifères insectivores). L'appauvrissement drastique du nombre et de la variété des espèces végétales et animales, cultivées et élevées, fait peser de lourdes menaces<sup>(8)</sup>. Il se lit dès à présent dans une homogénéisation des paysages qui traduit celle des écosystèmes. Des craintes, des interrogations, des crises aussi qui, selon l'étymologie de ce terme, recèlent aussi des opportunités, notamment une

(1) La stratégie nationale bioéconomie : remettre la photosynthèse au cœur de notre économie.

(2) Voir, notamment : Production de biomasse végétale, [http://sentiers.eu/saj/le-meilleur-est-avenir/article/aurons-nous-a-manger-demain#productions\\_vegetales](http://sentiers.eu/saj/le-meilleur-est-avenir/article/aurons-nous-a-manger-demain#productions_vegetales).

(3) Voir l'article « Que manger, demain ?... Ou comment répartir la biomasse ? », <http://sentiers.eu/saj/marcher-avec/article/que-manger-demain-ou-comment-repartir-la-biomasse, plus particulierement la partie « 6. Les végétaux sont la première ressource d'hier, d'aujourd'hui... Et de demain ! »>.

(4) FAO 2016 : perte de 7 millions d'hectares entre 2000 et 2010.

(5) Chiffres clés de l'environnement – Édition 2016, Service de l'observation et des statistiques du ministère de la Transition écologique et solidaire.

(6) Voir le dossier du CNRS sur la dégradation de l'eau, <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/degredation/menuDegrada.html>

(7) Voir les travaux et les conclusions de la Task Force on Systemic Pesticides, <http://www.tfsp.info/fr>

(8) La Commission des ressources génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO appelle à conserver la plus grande diversité génétique possible des plantes cultivées, en termes de genres et d'espèces. C'est nécessaire pour les plantes alimentaires comme pour les arbres (agroforestiers ou forestiers).

motivation de plus en plus répandue pour changer les modèles d'exploitation des processus naturels. C'est pourquoi l'avenir des possibilités d'exploitation de la production végétale apparaît à la fois très contraint au plan macro-écologique et très ouvert au plan micro-fonctionnel.

Demain, donc, nous pourrions exploiter une part accrue de la biomasse végétale pour remplacer une partie des matériaux et de l'énergie fournis par les fossiles, et réparer ou tout au moins amoindrir les dégâts aujourd'hui associés à cette exploitation jusqu'à un niveau qui soit compatible avec les conditions de la vie humaine sur la Terre. Pour certains, seule l'alimentation est prioritaire et les utilisations énergétiques de la biomasse ne devraient pas dépasser ce qu'elles sont aujourd'hui : moins de 63 EJ/an (1,5 Gtep/an). D'autres, à l'inverse, imaginent prélever jusqu'à 1 220 EJ/an (29 Gtep/an), soit plus de deux fois la consommation d'énergie primaire de l'humanité aujourd'hui<sup>(9)</sup>.

L'Agence internationale de l'Énergie envisageait en 2011 de mobiliser 168 EJ/an (4 Gtep/an) d'énergie primaire provenant de la biomasse à l'horizon 2050, soit environ 2,5 fois ce qui est mobilisé aujourd'hui pour l'énergie<sup>(10)</sup>. Pour la France, le scénario *Afterres2050*, repris par le *Scénario négaWatt 2017-2050*, envisage une production d'énergie primaire issue de la biomasse représentant environ 2,5 fois la production actuelle, soit 380 TWh/an<sup>(11)</sup>. Une condition est toutefois nécessaire : ce scénario suppose une évolution de notre alimentation. Pour un Français, par exemple, cela signifie consommer moins de viande et moins de lait, quatre fois plus de fruits à coque (cela sous-entend donc la préservation des haies), trois fois plus de céréales et deux fois plus de légumineuses, et un apport protéique passant de 60 % de protéines animales et 40 % de protéines végétales au rapport inverse (avec des effets bénéfiques pour la santé humaine). Pour l'Europe, *The Shift Project*, dans ses 9 propositions pour que l'Europe change d'ère, envisage lui aussi de mobiliser davantage la biomasse végétale et de réduire les produits alimentaires d'origine animale. Il ouvre ainsi la possibilité de mobiliser une part accrue de la production végétale pour substituer celle-ci à des matériaux plutôt qu'à de l'énergie.

On l'aura compris, ces diverses visions ne doivent faire oublier ni les fortes incertitudes qui demeurent (parmi lesquelles les conséquences du réchauffement climatique et des pertes de biodiversité), ni les impératifs qui en conditionnent la réalisation : méthodes de production, compétences, matériels et révision des modes de consommation. Toutes passent par la préservation en quantité et en qualité des sols, bref, par une maîtrise de leur dégradation biochimique et de leur bétonnage.

## Hors besoins énergétiques, on pourrait se passer de carbone fossile !

Le carbone est indispensable à diverses filières industrielles, spécialement dans la chimie organique. Au plan mondial, en 2005, le flux de carbone qui transite dans les diverses filières industrielles était estimé à 9 500 MtC<sup>(12)</sup>, mais le carbone industriel spécifique (donc à l'exclusion de celui répondant aux besoins énergétiques des industries) n'en représente que 400 MtC, soit moins de 10 % des prélèvements actuels de biomasse (exprimés en carbone seul) ; ou encore, moins de 1/5<sup>ème</sup> des 2 600 MtC déjà apportées par la biomasse aux diverses filières industrielles et aux autres usages énergétiques (notamment la cuisine et le chauffage), dont une bonne partie est utilisée avec des rendements déplorables. Ces 400 MtC pèsent moins du tiers des émissions de carbone dues au métabolisme de l'élevage, lequel par ailleurs pourrait être fortement réduit dans les pays industrialisés<sup>(13)</sup>, au profit d'une meilleure qualité nutritionnelle. Couvrir les besoins actuels de la chimie organique par du carbone bio-sourcé – si tant est que ce soit techniquement possible – aurait un faible impact sur les flux de biomasse en comparaison des usages énergétiques<sup>(14)</sup>, surtout si, parallèlement, l'obsolescence est réduite et le recyclage accru<sup>(15)</sup>.

## Le secteur des terres doit redevenir un puits de carbone et ne plus être, comme aujourd'hui, une source de gaz à effet de serre !

À l'échelle des temps géologiques, la végétation, les sols sur lesquels elle se déploie sur Terre et les sédiments marins ont, grâce à la photosynthèse, efficacement capté le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qu'ils ont ensuite séquestré, accumulant ainsi le charbon, le pétrole et le gaz naturel, d'une part, et les roches carbonatées, d'autre part. Les sols constituent en outre le second réservoir de carbone après les océans<sup>(16)</sup>. Le GIEC, qui alimente les travaux de la CCNUCC<sup>(17)</sup>, répartit en divers secteurs les émissions et absorptions de gaz à effet de serre : ainsi, le secteur « AFOLU » recouvre les activités agricoles, la foresterie et les autres utilisations des terres.

(9) Voir, en particulier, *Energy from biomass, un travail de l'UK-ERC (The UK Energy Research Center)*.

(10) *Tout en restant très en deçà d'une mobilisation à moindre risque dans l'hypothèse d'un maximum technique de production mondiale de biomasse qui correspondrait à 12 Gtep/an, soit l'équivalent de la consommation actuelle d'énergie primaire dans le monde*, Technology Roadmap – Biofuels for Transport, IAE, 2011, p. 26.

(11) Soit 1,37 EJ, ou 33 Mtep, pour 13 Mtep en 2016.

(12) MtC : million de tonnes de carbone.

(13) Voir AFTERRES 2050.

(14) Voir *Vers une bio-économie durable*.

(15) [http://sentiers.eu/saj/marcher-avec/conseil-economique-social-et-environnemental/article/vers-une-bioeconomie-durable#carbone\\_industriel](http://sentiers.eu/saj/marcher-avec/conseil-economique-social-et-environnemental/article/vers-une-bioeconomie-durable#carbone_industriel)

(16) ... à l'exclusion des roches calcaires, pour lesquelles les temps d'échange avec le carbone atmosphérique sont d'ordre géologique.

(17) Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), en anglais IPCC. *Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, CCNUCC*.

Or, aujourd'hui, à l'échelle mondiale, le secteur des terres est à l'origine de 25 % des émissions anthropiques<sup>(18)</sup> de GES. Les zones tropicales sont devenues des sources de carbone du fait de la déforestation, de la dégradation de leur couvert végétal et du réchauffement. Autant dire que l'objectif visé par l'Accord de Paris relatif au climat adopté en 2015 n'a aucune chance d'être atteint sans une réduction drastique des émissions nettes de ce secteur et sans un retour à sa fonction de puits de carbone<sup>(19)</sup>. Les travaux récents de l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et de l'Unité mixte de recherche écologie et santé des écosystèmes (UMR-ESE) le montrent : c'est possible en s'appuyant davantage sur les interactions entre les sols, leur faune et la flore, et les végétaux ! Toutes mesures confondues, les estimations des potentiels de réduction des émissions ou d'absorption de gaz à effet de serre sont significatives aux échelles nationale, européenne et mondiale. Elles peuvent représenter entre 1/3 et la moitié de l'objectif national d'atténuation à l'horizon 2030<sup>(20)</sup>. La teneur en carbone organique dans les sols a progressé dans plus de 8 % des cantons français entre les périodes 2000-2004 et 2005-2009 du fait d'une évolution positive des écosystèmes et d'une modification des pratiques agricoles.

Rien de tout cela n'est envisageable sans des sols vivants et fertiles, en superficies suffisantes et dotés d'une faune et d'une flore diversifiées en bon état de fonctionnement, et donc d'adaptation, et ce, non seulement dans le sol, mais aussi au-dessus, afin d'assurer le cycle de reproduction des végétaux et leur protection biologique. C'est à porter un regard sur ce patrimoine vital trop souvent négligé que ce numéro de *Responsabilité & Environnement* nous invite.

Pour mieux comprendre l'importance des sols, Christian Valentin les situe « au cœur de la zone critique » de l'ensemble des phénomènes naturels aujourd'hui fragilisés, et dont nous dépendons.

Luc Abbadie décrit, quant à lui, les processus récemment élucidés qui en entretiennent la fertilité, coopérations imbriquées des arbres, des herbes, des bactéries, des champignons et de la macrofaune ; et Suzanne Lutfalla, Lauric Cécillon et Pierre Barré détaillent les relations que les sols nouent avec le climat de par le monde. S'ils forment le socle de la vie sur les continents, ils n'en ont pas moins un statut juridique paradoxal, qui relève à la fois de l'appropriable et du bien commun, comme l'explique Philippe Billet. Ce statut fournit l'une des explications de leur dégradation partout dans le monde, y compris en France, comme le montrent Véronique Antoni et Marlène Kraszewski, chimiquement du fait de nombreuses pollutions et spatialement du fait de l'extension rapide et continue des zones périurbaines et des infrastructures.

Comment les politiques publiques tentent-elles de préserver les sols ? Laëtizia Mantziaras-Conreaux et Hélène Faucher présentent les outils réglementaires nationaux visant à maîtriser l'étalement urbain, tandis que Philippe Merle et Jean-Luc Perrin commentent les dispositions dédiées à la réhabilitation des sols pollués. D'une façon plus ciblée, Michel Valdiguié et Philippe Schmitt revisitent le sujet des friches commerciales et Guillaume Sainteny discute du rôle possible de la fiscalité pour réduire l'artificialisation. Cécile Claveirole résume l'avis global du Conseil économique, social et environnemental sur les sols en France, et Monique Barbut ouvre l'horizon vers les pays moins industrialisés, avec les applications de la Convention désertification à la réhabilitation des zones sèches. Enfin, ne manquez pas dans ce même article l'encadré de Bruno Devresse, qui évoque la restauration de la qualité des sols agricoles en Afrique, sous le titre *L'agroforesterie par les arbres fertiles au Togo*.

Le troisième chapitre de ce numéro de *Responsabilité & Environnement* passe aux plans régional et local, en évoquant plusieurs initiatives privées prises en faveur de la protection et la reconquête des sols en France. Martin Omhové et Martin Wolf décrivent les moteurs de l'artificialisation des sols en Île-de-France, tandis que Marc Beauchain raconte l'odyssée de la préservation des terres agricoles dans les Bouches-du-Rhône sur un demi-siècle. Fabienne Trolard et Guilhem Bourrié examinent l'organisation des relations entre les villes et les campagnes environnantes dans plusieurs pays du monde, puis Christian Garnier résume l'historique du concept d'artificialisation en France et les recommandations d'un travail commun association-entreprise pour mieux maîtriser le phénomène. Enfin, Corinne Leyval expose les méthodes et les techniques développées en France pour réhabiliter chimiquement les sols pollués.

(18) Voir le cinquième rapport sur les changements climatiques du GIEC.

(19) Voir : L'intelligence du vivant pour le climat, <http://baj.ouvaton.org/spip.php?article44>

(20) Voir : Esquisse d'une estimation, <http://baj.ouvaton.org/spip.php?article44#estimation>