

# RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

« Se défier du ton d'assurance qu'il est si facile de prendre et si dangereux d'écouter »  
Charles Coquebert, *Journal des mines* n°1, Vendémiaire An III (septembre 1794)



## Sols en danger : réduire l'artificialisation

UNE SÉRIE DES  
ANNALES  
DES MINES  
FONDÉES EN 1794

Publiées avec le soutien  
de l'Institut MinesTélécom

N° 91  
JUILLET 2018

## Sols en danger : réduire l'artificialisation

03

Introduction

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

Dominique DRON et André-Jean GUÉRIN

### Les enjeux et les rôles des sols dans l'économie du vivant

06

Les sols au cœur de la zone critique de la Terre

Christian VALENTIN

10

Fertilité des sols : la qualité par la vie

Luc ABBADIE

13

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

Véronique ANTONI et Marlène KRASZEWSKI

19

Les sols, facteurs d'atténuation ou, au contraire, d'aggravation du changement climatique

Suzanne LUTFALLA, Lauric CÉCILLON et Pierre BARRÉ

24

Le statut juridique des sols face à l'artificialisation : état des lieux et perspectives

Philippe BILLET

### Les réponses des États à l'artificialisation des sols

29

Orientations et outils de gestion de la consommation d'espace au plan national

Laetitia CONREAU-MANTZIARAS et

Hélène FAUCHER

34

Les friches industrielles : une nouvelle ressource secondaire ?

Philippe MERLE et Jean-Luc PERRIN

38

Favoriser la réutilisation des friches commerciales

Michel VALDIGUIÉ et Philippe SCHMIT

41

La fiscalité peut-elle contribuer à limiter l'artificialisation des sols ?

Guillaume SAINTENY

47

Avis du CESE (du 13 mai 2015) : « La bonne gestion des sols agricoles, un enjeu de société »

Cécile CLAVEIROLE

51

La réhabilitation des terres dégradées dans les zones sèches

Monique BARBUT

Article incluant l'encadré « La restauration de la qualité des sols agricoles en Afrique : l'agroforesterie par les arbres fertilisateurs au Togo », rédigé par Bruno DEVRESSE

### Actions locales ou privées contre l'artificialisation des sols

56

La consommation d'espaces naturels en Île-de-France : bilan, enjeux, outils

Martin OMHOVÈRE et Martin WOLF

62

Préserver la terre, stimuler l'activité agricole : 30 ans d'aménagement et d'urbanisme dans le département des Bouches-du-Rhône

Marc BEAUCHAIN

68

Quelle gouvernance pour les relations des villes avec leur *hinterland* ?

Fabienne TROLARD et Guilhem BOURRIÉ

74

Réduire l'étalement urbain : mission (im)possible ?

Christian GARNIER

82

Après la remédiation, le double enjeu de la restauration et de la requalification des sols

Corinne LEYVAL

---

86 Traductions des résumés

90 Biographies des auteurs

---

Le dossier est coordonné par Dominique DRON et André-Jean GUÉRIN

UNE SÉRIE DES  
**ANNALES  
DES MINES**  
FONDÉES EN 1794

## RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

ISSN : 1268-4783

Série trimestrielle • n°91 - juillet 2018

### Rédaction

Conseil général de l'Économie, de l'Industrie,  
de l'Énergie et des Technologies, Ministère de  
l'Économie et des Finances  
120, rue de Bercy - Télédock 797 - 75572 Paris Cedex 12  
Tél : 01 53 18 52 68  
<http://www.annales.org>

**François Valérian**  
Rédacteur en chef

**Gérard Comby**  
Secrétaire général

**Delphine Mantienne**  
Secrétaire générale adjointe

**Liliane Crapanzano**  
Relectrice

**Myriam Michaux**  
Webmestre

### Membres du Comité de Rédaction

**Pierre Couveinhes**  
Président du Comité de rédaction  
Ingénieur général des Mines honoraires

**Pierre Amouyel**  
Ingénieur général des Mines honoraire, honoraire

**Paul-Henri Bourrelrier**  
Ingénieur général des Mines honoraire, Association  
française pour la prévention des catastrophes naturelles

**Mireille Campana**  
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie  
Haut fonctionnaire de développement durable

**Dominique Dron**  
Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

**Pascal Dupuis**  
Chef du service du climat et de l'efficacité énergétique,  
Direction générale de l'énergie et du climat, MTES

**Jérôme Goellner**  
Chef du service des risques technologiques,  
Direction générale de la prévention des risques, MTES

**Jean-Luc Laurent**

### Richard Lavergne

Conseil général de l'Économie  
Ministère de l'Économie et des Finances

### Philippe Saint Raymond

Ingénieur général des Mines honoraire

### Bruno Sauvalle

Ingénieur en chef des Mines, Mines ParisTech

### Jacques Serris

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

### Claire Tutenuit

Déléguée générale d'Entreprises pour l'Environnement (EPE)

### François Valérian

Rédacteur en chef des Annales des Mines

### Photo de couverture :

Retour des bleuets et des coquelicots dans un champ  
de blé en Allemagne.

Ph. © Berndt Fischer/BIOSPHOTO.

### Iconographie

Christine de Coninck

### Abonnements et ventes

COM & COM

Bâtiment Copernic - 20 Avenue Edouard Herriot  
92350 LE PLESSIS ROBINSON

Alain Bruel

Tél. : 01 40 94 22 22 - Fax : 01 40 94 22 32

[a.bruel@cometcom.fr](mailto:a.bruel@cometcom.fr)

**Mise en page** : Nadine Namer

**Impression** : Printcorp

**Editeur Délégué** :

FFE - 15 rue des Sablons 75116 PARIS - [www.ffe.fr](http://www.ffe.fr)

Fabrication : Aïda Pereira

[aïda.pereira@belvederecom.fr](mailto:aïda.pereira@belvederecom.fr) - 01 53 36 20 46

**Régie publicitaire** : Belvédère Com

**Directeur de la publicité** : Bruno Slama - 01 40 09 66 17

[bruno.slama@belvederecom.fr](mailto:bruno.slama@belvederecom.fr)

N°ISSN : 1268-4783

La mention au regard de certaines illustrations du sigle « D. R. »  
correspond à des documents ou photographies pour lesquels  
nos recherches d'ayants droit ou d'héritiers se sont avérées  
infructueuses.

# 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>

# Les sols au cœur de la zone critique de la Terre

Par Christian VALENTIN

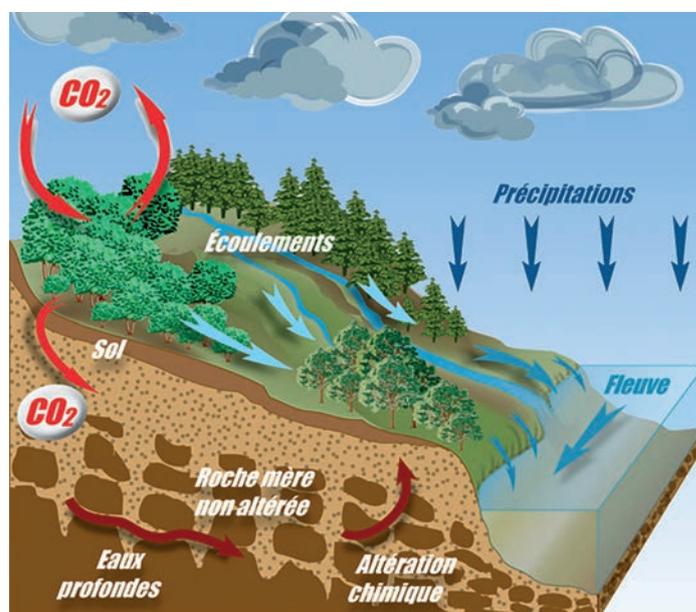
Institut de recherche pour le développement, iEES-Paris, Académie d'Agriculture

Lieux d'échanges d'énergie, d'eau et de matières, les sols constituent le cœur de la zone critique de la Terre. Cette zone correspond à l'« environnement hétérogène et proche de la surface où des interactions complexes impliquant la roche, le sol, l'eau, l'air et les organismes vivants régulent l'habitat naturel et déterminent la disponibilité des ressources biologiques ». Bien qu'à la convergence de trois conventions des Nations Unies – sur la désertification, le climat et la biodiversité –, les sols demeurent largement méconnus du grand public, des décideurs et même de la communauté scientifique, car peu d'enseignements y sont consacrés dans les universités. Ils offrent pourtant des réponses aux grandes questions des dérèglements climatiques, de la sécurité alimentaire et de la réhabilitation des environnements dégradés. Menacés par de nombreuses formes de dégradation (érosion, imperméabilisation, pollution, salinisation...) et grands oubliés des droits français, européen et international, les sols sont l'objet de multiples conflits d'usage (urbanisation, production de produits bio-sourcés non alimentaires, accaparement...).

## Qu'est-ce que la zone critique ?

La zone critique est l'« environnement hétérogène et proche de la surface où des interactions complexes impliquant la roche, le sol, l'eau, l'air et les organismes vivants régulent l'habitat naturel et déterminent la disponibilité des ressources biologiques ».

Ce concept a été proposé par des scientifiques américains lassés de voir le sol être perçu uniquement dans sa fonction de production agricole. Ainsi, la classification américaine des sols ne prend en compte que les deux premiers mètres depuis la surface, soit plus ou moins la profondeur d'enracinement du maïs, alors que la quasi-totalité des autres spécialistes considèrent que le sol s'étend jusqu'à la roche saine non altérée, donc jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs dizaines de mètres. Cette définition, qui est fidèle à celle de Dokoutchaïev <sup>(1)</sup>, le fondateur russe de la pédologie, a bien été accueillie par la plupart des communautés scientifiques s'intéressant aux sols. Par exemple, en France, un projet Equipex (Critex <sup>(2)</sup>) et une infrastructure de recherche (Ozcar <sup>(3,4)</sup>) regroupent la plupart des organismes de recherche et d'enseignement supérieur autour d'observatoires à long terme de zones critiques allant de petits bassins versants jusqu'à de grands bassins fluviaux (en France et dans des pays du Sud) en passant par les glaciers et l'Antarctique, prenant en compte des écosystèmes particuliers, comme les tourbières et, bien sûr, les nappes phréatiques.



La zone critique.

Source : Institut de physique du globe de Paris.

(1) Vassili Dokoutchaïev (1846-1903) est l'auteur de Tchernozeme (terre noire) de la Russie d'Europe, 1879, Saint-Petersbourg.

(2) <https://www.critex.fr/?lang=fr>

(3) <http://www.insu.cnrs.fr/node/5680>

(4) GAILLARDET J. & ARNAUD N., Libération, 30 juin 2016.

Cette approche permet de décloisonner des disciplines aussi différentes que l'écologie, l'hydrologie, la pédologie, la géologie, la géophysique et la géochimie. Pour mieux attirer l'attention sur ces interactions multiples, une série de six ouvrages destinés à l'enseignement, intitulée « Les sols au cœur de la zone critique », est en cours de publication<sup>(5)</sup>. Cette zone est considérée comme critique pour l'humanité, car, sans elle, nos sociétés n'auraient pu se développer et se maintenir sur Terre. Ce concept séduit d'autres disciplines. Ainsi, Bruno Latour, philosophe et sociologue des sciences, l'utilise pour aborder les questions posées par l'ère de l'Anthropocène<sup>(6)</sup>.

## Le sol, face cachée – mais essentielle – de notre environnement

Les sols se trouvent à la convergence des trois conventions de l'ONU sur la désertification, le climat et la biodiversité. La dégradation des sols des régions arides, semi-arides et subhumides constitue le cœur de la convention sur la désertification et la dégradation des terres. Le GIEC attache une importance croissante aux sols et à leurs usages<sup>(7)</sup>. Ceux-ci jouent en effet un rôle important dans les émissions de gaz à effet de serre. De plus, la fonte des pergélisols fait peser la menace d'une émission massive de méthane dans l'atmosphère. Il reste que les sols constituent, après les océans, et devant la végétation, le plus important réservoir de carbone atmosphérique<sup>(8)</sup>. Dès lors, comme le souligne l'initiative internationale « 4 pour 1 000 »<sup>(9)</sup>, une modification des pratiques agricoles, notamment une plus grande production de biomasse, devrait permettre de séquestrer dans les sols une partie du CO<sub>2</sub> atmosphérique en excès et réduire ainsi le réchauffement climatique. L'IPBES est en train d'achever un rapport sur la dégradation et la restauration des terres<sup>(10)</sup>. Bien qu'encore largement méconnue, la biodiversité des sols doit représenter environ un quart de la biodiversité terrestre<sup>(11)</sup>. Elle comprend à la fois des organismes visibles à l'œil nu (comme les vers de terre, les termites...) et de très nombreux microorganismes (bactéries et virus), dont certains peuvent être pathogènes. Il est à noter, toutefois, que la majorité des antibiotiques connus trouvent leur origine dans des bactéries du sol, y compris la pénicilline et la streptomycine<sup>(12)</sup>. Par ailleurs, les sols assurent la régulation des grands cycles hydrologiques et biogéochimiques (carbone, azote, phosphore, potassium, soufre, fer), et l'on y trouve de nombreux éléments à l'état de traces. Ils assurent des fonctions tampons pour la température et l'hygrométrie et des fonctions d'épuration et de filtration pour l'eau et les déchets organiques qui sont appelés à jouer un rôle majeur dans l'économie circulaire. Pour les architectes et ingénieurs des travaux publics, les sols s'arrêtent à la profondeur des fondations des bâtiments, mais ils fournissent également des matériaux (argiles, oxydes de fer et de manganèse...). Enfin, l'archéologie montre que les sols conservent une partie des archives de l'humanité. Mais en dépit de tous ces services et fonctions, les sols demeurent le parent pauvre de l'environnement, comme le montre le nombre des occurrences de ce terme sur Google (pour le mot « eau », on obtient 450 millions de réponses ; pour « climat » : 41 millions ;

« biodiversité » : 9 millions ; « air » : 4 millions, mais pour « sol » : 1 million seulement). Alors que les besoins en spécialistes s'avèrent de plus en plus nombreux et diversifiés, notamment pour la dépollution des sols, ce domaine de recherche (la pédologie) reste très peu enseigné. En particulier, il n'existe pas de formation à la caractérisation et à la gestion de la zone critique dans l'ensemble de ses composantes, l'enseignement universitaire demeurant très segmenté entre des disciplines relativement étanches : géologie, hydrologie, écologie...

## De nouveaux usages source de conflits

Alors que la FAO rappelle régulièrement que 95 % de notre nourriture est encore produite à partir des sols et que la production agricole doit augmenter de 50 % d'ici à 2050<sup>(13)</sup> si nous voulons pouvoir faire face aux besoins alimentaires, la pression sur les terres n'a jamais été aussi forte qu'aujourd'hui. Les causes en sont nombreuses : étalement urbain, nouvelles infrastructures (autoroutes, lignes de chemin de fer, aéroports, mines, champs d'éoliennes, « fermes » solaires...) (14). De plus, une part croissante des terres agricoles n'est plus destinée à l'alimentation, mais à d'autres productions bio-sourcées, d'où l'expansion des plantations de coton, d'hévéas (latex), de différentes plantes agro-énergétiques de première génération (maïs, canne à sucre, palmier à huile...) ou de seconde génération (jatropha, miscanthus, taillis à courte ou à très courte rotation...). Le développement de la chimie verte devrait encore accroître cette pression. Déjà plus de 50 millions d'hectares ont été accaparés dans le monde<sup>(15)</sup>, non pas tant pour la sécurisation de filières alimentaires que pour la production d'agro-carburants et la spéculation foncière. Ces bouleversements, qui s'accompagnent d'une forte menace pesant sur l'agriculture familiale, posent la question de la gouvernance territoriale des terres. À cet égard, le sol est le grand oublié du droit, qu'il s'agisse du droit français, du droit européen ou du droit international<sup>(16)</sup>. Doit-il devenir un bien commun, aux dépens du

(5) Éditions ISTE, Londres. En français et en anglais (parution cette année).

(6) Face à Gaïa, La Découverte, 2015, et <http://www.bruno-latour.fr/node/650>

(7) IPCC (2017), "Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems", [https://www.ipcc.ch/report/sr2/pdf/sr2\\_background\\_report\\_final.pdf](https://www.ipcc.ch/report/sr2/pdf/sr2_background_report_final.pdf)

(8) Voir, dans ce même numéro de Responsabilité & Environnement, l'article de Pierre Barré.

(9) <https://www.4p1000.org/>

(10) [http://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/ldr\\_pri-mer\\_en.pdf](http://www.ipbes.net/sites/default/files/downloads/ldr_pri-mer_en.pdf)

(11) DECAËNS T. (2010), "Macroecological patterns in soil communities", Global Ecology and Biogeography, n°19(3), pp. 287-302.

(12) BERTHELIN J., BABEL U. & TOUTAIN F. (2006), "History of soil biology", in WARKENTIN B. (ed.), Foot Prints in the Soil-People and Ideas in Soil History, Elsevier, Amsterdam, pp. 279-306.

(13) <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/en/>

(14) Voir l'article suivant (ndlr).

(15) <http://www.landmatrix.org/en/>

(16) Voir, dans ce numéro de Responsabilité & Environnement, l'article de Philippe Billet.

droit privé et de la souveraineté des États ? Le sol peut-il n'être considéré que comme une surface cadastrale, ou doit-il plutôt être considéré comme un volume permettant de multiples échanges d'énergie et de matières (eau, éléments particuliers et dissous) ?

### Les sols, une ressource qui se dégrade plus vite qu'elle ne se régénère

S'il est relativement facile d'observer l'artificialisation des terres et la réduction des surfaces agricoles, l'état mondial de la qualité des sols est très mal connu. Les processus de dégradation (réduction des teneurs en carbone organique, érosion, tassement, pertes d'éléments nutritifs, acidification, salinisation, pollutions métalliques et organiques) demeurent difficiles à quantifier. Bien que seulement dressée à dire d'experts, la carte mondiale publiée en 1991<sup>(17)</sup> reste une référence. Les deux autres tentatives fondées sur la télédétection et la modélisation, sans vérifications sur le terrain, se sont avérées être des échecs. Selon l'approche utilisée, les sols dégradés couvrent de 1 à plus de 6 milliards d'hectares<sup>(18)</sup>, soit l'équivalent de 20 à 100 % de la surface agricole utile mondiale, et de 2 à 12 % des surfaces émergées ! Cette incertitude favorise la surestimation des terres disponibles, notamment pour des usages agricoles non alimentaires (agrocarburants, chimie verte). De plus, ces cartes diffèrent quant à la distribution géographique des terres dégradées, ce qui peut peser dans la définition des priorités pour les politiques de conservation et de réhabilitation. Pour disposer de données fiables, indispensables pour orienter les politiques publiques, il importe de mettre en place un système de suivi régulier de la qualité des sols par des prélèvements, tous les dix ans, selon le modèle français du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS)<sup>(19)</sup>. Le financement de ce suivi reste toutefois menacé : le dispositif anglais a dû cesser, faute de moyens, après avoir réalisé seulement trois séries de mesures. En Europe, le *Land Use and Coverage Area frame Survey* (LUCAS)<sup>(20)</sup> comporte depuis 2009 une composante d'échantillonnage des 20 premiers centimètres du sol, une nouvelle campagne ayant été effectuée en 2015 et une autre étant prévue en 2018. Au niveau mondial, un tel système s'avère indispensable, mais il requiert une réelle volonté politique. Il est, hélas, plus facile de développer des programmes pour aller sur Mars que de suivre l'état de nos sols...

Alors que d'un siècle à un millénaire sont nécessaires pour produire 1 centimètre de sol, celui-ci peut être érodé en un an, si ce sol reste nu. À cet égard, il est vain de considérer que des plantations d'arbres protègent le sol si celles-ci ne s'accompagnent pas d'un sous-bois et d'une litière permettant d'amortir le choc des gouttes de pluie<sup>(21,22)</sup>.

Pour répondre à la dégradation des terres, la convention des Nations Unies contre la désertification a proposé récemment le concept de neutralité<sup>(23)</sup>. La réhabilitation<sup>(24)</sup> des sols dégradés exige des efforts et des investissements plus conséquents<sup>(25)</sup> que ceux requis par leur conservation. Celle-ci est possible grâce à des pratiques qui, le plus souvent, ont été abandonnées (association agriculture-élevage, rotations des cultures incluant des

légumineuses, bocage...) au profit d'itinéraires cultureux simplifiés coûteux en énergie et de paysages biologiquement plus pauvres.

### Cultures hors-sol, offshore, ou de plein champ ?

La pression exercée sur les terres et leur dégradation poussent à une production agricole de plus en plus urbaine, avec des circuits courts, proche des consommateurs et impliquée dans l'économie circulaire. Ainsi des productions maraîchères se développent-elles sur des technosols constitués de débris urbains et organiques, dont les résultats semblent prometteurs (voir à ce sujet les essais menés sur les toits d'AgroParisTech<sup>(26)</sup>). D'ores et déjà, des cultures hydroponiques représentent 70 % des tomates produites en France. La montée des eaux océaniques et la subsidence des deltas peuvent également favoriser une certaine « offshorisation » de l'habitat et des productions alimentaires, auxquelles s'ajoutent des raisons idéologiques et économiques de certains groupes de riches libertariens qui recherchent une totale autarcie énergétique et alimentaire (et fiscale...) sur des îles... artificielles<sup>(27)</sup> !

Il reste que de telles infrastructures (serres hydroponiques, « fermes verticales », îles artificielles) ont un coût très élevé, non seulement de construction<sup>(28)</sup> et d'entre-

(17) <http://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>

(18) GIBBS H. K. & SALMON J. M. (2015), "Mapping the world's degraded lands", *Applied geography*, n°57, pp. 12-21.

(19) <http://acklins.oreans.inra.fr/programme/rmqs/rmqs.php>

(20) ORGIAZZI A., BALLABIO C., PANAGOS P., JONES A. & FERNANDEZ-UGALDE O. (2018), "LUCAS Soil, the largest expandable soil dataset for Europe: a review", *European Journal of Soil Science*.

(21) RIBOLZI O., ÉVRARD O., HUON S., ROUW A., SILVERA N., LATSACHACK K. O., SOULILEUTH B., LEFÈVRE I., PIERRET A., LACOMBE G., SENGTAHEUANGHOUNG O. & VALENTIN C. (2017), "From shifting cultivation to teak plantation: effect on overland flow and sediment yield in a montane tropical catchment", *Scientific Reports* 7(1), p. 3987.

(22) LACOMBE G., VALENTIN C., SOUNYAFONG P., DE ROUW A., SOULILEUTH B., SILVERA N., PIERRET A., SENGTAHEUANGHOUNG O. & RIBOLZI O. (2018), "Linking crop structure, through-fall, soil surface conditions, runoff and soil detachment: 10 land uses analyzed in Northern Laos", *Science of The Total Environment* 616, pp. 1330-1338.

(23) Voir, dans ce numéro de Responsabilité & Environnement, l'article de Monique Barbut.

(24) La restauration des sols vise à rétablir leur état initial, et ce dans toutes ses composantes et fonctions. Elle n'est généralement possible que lors des premières phases de dégradation des sols. La réhabilitation concerne, quant à elle, les sols déjà très dégradés. Elle cherche à inverser la tendance, mais elle n'a en aucun cas pour ambition un retour à l'état initial des sols.

(25) Voir, dans ce numéro de Responsabilité & Environnement, l'article de Corinne Leyval.

(26) GRARD B. J. P., CHENU C., MANOUCHEHRI N., HOUOT S., FRASCARIA-LACOSTE N. & AUBRY C. (2018), "Rooftop farming on urban waste provides many ecosystem services", *Agronomy for Sustainable Development* 38(1), p. 2.

(27) MARRIS E. (2017), "Why fake islands might be a real boon for science", *Nature News* 550, n°7674:22.

(28) Le projet de construction d'une ferme verticale dans le XV<sup>e</sup> arrondissement de Paris est estimé à une dizaine de millions d'euros (sans que la surface soit mentionnée).

tien, mais aussi en termes de consommation d'énergie et de recyclage de l'eau. De plus, elles conviennent davantage à la production maraîchère qu'à celle des céréales. Une étude<sup>(29)</sup> fondée sur de nombreux exemples dans des pays du Nord a conclu que leur modèle économique est moins fondé sur la vente de leur production que sur les subventions publiques ou privées et sur le bénévolat.

Dès lors, la production alimentaire de plein champ, bien que menacée par les pressions foncières et les différentes formes de dégradation des sols, est loin d'être condamnée. Les nouvelles pratiques agricoles doivent s'appuyer sur une meilleure connaissance des processus à l'œuvre au sein de la zone critique. Il s'agit non seulement de se fonder sur l'ingénierie écologique<sup>(30)</sup> et sur la biodiversité des sols, mais aussi de prendre en compte l'ensemble des interactions, depuis l'atmosphère jusqu'à la roche et la nappe phréatique, et donc l'ensemble de la zone critique. À titre d'exemple, des racines très pro-

fondes (jusqu'à 32 mètres de profondeur, dans le nord-est de la Thaïlande<sup>(31)</sup>), dont l'existence même était jusqu'ici ignorée, peuvent puiser de l'eau dans des nappes profondes et absorber des éléments nutritifs libérés par le front d'altération des roches.

---

(29) CHAPELLE G. & JOLLY C.-E. (2013), « Étude sur la viabilité des business modèles en agriculture urbaine dans les pays du Nord », rapport final de la recherche réalisé pour le compte de l'Institut bruxellois de gestion de l'environnement, [http://document.leefmilieu.brussels/opac\\_css/electfile/etude\\_agricultureUrbaine\\_viabilite\\_Greenloop\\_avril2013.PDF?langtype=2067](http://document.leefmilieu.brussels/opac_css/electfile/etude_agricultureUrbaine_viabilite_Greenloop_avril2013.PDF?langtype=2067)

(30) Voir, dans ce numéro de Responsabilité & Environnement, l'article de Luc Abbadie.

(31) PIERRET A., MAEGHT J.-L., CLÉMENT C., MONTOROI J.-P., HARTMANN C. et GONKHAMDEE S. (2016), "Understanding deep roots and their functions in ecosystems: an advocacy for more unconventional research", *Annals of Botany*, 118(4), pp. 621-635.

# Fertilité des sols : la qualité par la vie

Par Luc ABBADIE

Professeur à Sorbonne Université

Le concept de « fertilité » correspond à une vision utilitariste du sol qui s'attache à un certain nombre de caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et spatiales qui seraient explicatives de la production agricole et, par extension, de la bonne santé des écosystèmes. Il y aurait un contenant, le bon sol, et un contenu, les plantes. Mais les organismes vivants ne font pas que s'accommoder des propriétés de leur environnement. En adoptant un point de vue évolutif, nous montrons que les plantes prennent le contrôle du sol en adoptant certaines caractéristiques physiologiques et morphologiques ou d'interaction avec les micro-organismes qui les affranchissent d'un certain nombre de contraintes. Il n'y a pas un sol et des plantes, mais un système sol-plante. Ces connaissances incitent à revoir profondément certaines pratiques culturales et sylvicoles.

**D**u point de vue de l'écologie fonctionnelle, la fertilité peut se définir comme la capacité du sol à entretenir la vie, c'est-à-dire à fournir aux organismes l'énergie et les matériaux nécessaires à leur croissance, à leur entretien et à leur multiplication. Les organismes non photosynthétiques tirent leur énergie de l'oxydation de molécules organiques préexistantes : dans le sol, l'ensemble de ces dernières constitue ce que l'on appelle la matière organique du sol, l'humus, qui est, à la base, issu de l'activité photosynthétique des végétaux. Pour leur synthèse, ces organismes utilisent donc les molécules organiques qui sont présentes dans les débris végétaux reconnaissables en tant que tels ou qui sont fixés sur les argiles. Ils utilisent également un certain nombre d'éléments minéraux qui circulent dans l'eau du sol ou qui sont eux aussi adsorbés sur les argiles, au premier rang desquels l'azote minéral, le phosphore et le potassium.

Le sol est un milieu extrêmement riche en organismes vivants. Un gramme de sol contient au minimum plusieurs centaines de millions d'individus bactériens et d'archées, appartenant eux-mêmes à plusieurs milliers de groupes différents. Ce même gramme de sol peut contenir plusieurs centaines de mètres d'hyphes mycéliens. À côté de ces micro-organismes, on trouve également un grand nombre de protozoaires, d'amibes, de vers de terre, de larves de toutes sortes, d'invertébrés et, bien sûr, une énorme quantité de racines fines qui sont spécialisées dans l'absorption de l'eau et des nutriments qui y sont dissous. Tous sont entourés de particules minérales, de grains de sable ou de calcaire, de limon, d'argile, d'eau, de gaz et de matière organique, qui est, elle aussi, très abondante, puisqu'elle représente toujours entre 1 et 3 % du poids total du sol, voire parfois beaucoup plus. Cette matière organique est majoritairement très ancienne, puisque les datations donnent couramment des âges moyens qui sont toujours supérieurs à la centaine d'années et dépassent fréquemment le millier d'années.

Cette co-occurrence et cette coexistence d'organismes vivants et de matière organique peuvent apparaître paradoxales. En effet, la matière organique constitue le substrat nécessaire à la croissance des organismes : l'on pourrait donc s'attendre à ce qu'elle soit consommée rapidement ; or, elle subsiste pendant des centaines, voire des milliers d'années... Il est donc clair que l'essentiel de cette matière organique n'est pas utilisée par les micro-organismes du sol, ou qu'elle ne l'est que très lentement. Pourquoi en est-il ainsi ?

Pour le comprendre, il faut regarder ce qui se passe dans le cas d'une bactérie. Une bactérie est généralement immobile, ce qui signifie qu'elle n'a donc pas un accès direct aux composés organiques convoités. C'est pour cette raison qu'elle relâche dans l'eau du sol une partie des enzymes nécessaires à son métabolisme. Ceux-ci rencontrent ou ne rencontrent pas les molécules qu'ils sont censés dépolymériser : quand rencontre il y a, leur activité se traduit par la libération dans l'eau du sol de molécules solubles de plus petite taille. Ces monomères sont ensuite absorbés ou non par la bactérie qui les utilise dans son métabolisme pour produire l'énergie et assurer les biosynthèses qui lui sont nécessaires. En d'autres termes, il n'est pas certain que le bilan coût-bénéfice du métabolisme bactérien soit positif, d'où un premier facteur explicatif de la lenteur de la dégradation de la matière organique du sol.

Le second facteur est de nature physique. Lorsqu'une molécule organique, qui est une structure à trois dimensions, s'attache à un minéral argileux qui, lui, est une structure plane, elle se déforme plus ou moins, rendant ainsi inopérants les sites susceptibles d'accueillir des enzymes. La dépolymérisation est dès lors impossible, la molécule peut persister sur le très long terme. C'est pour cette raison que les sols argileux sont beaucoup plus riches en matière organique que les sols sableux, ce qui revient à

dire que les sols argileux présentent une capacité physique bien plus élevée d'accumulation de la matière organique, c'est-à-dire de l'énergie et d'éléments biogènes.

Le troisième facteur explicatif est purement chimique. Les débris végétaux morts sont, comme les organes vivants, constitués d'un grand nombre de molécules, allant des plus simples, comme les sucres, aux plus complexes, comme les polyphénols. Les premiers sont facilement métabolisés par les micro-organismes du sol et constituent donc des substrats à fort potentiel énergétique. Les derniers sont, au contraire, difficiles à dégrader, car leur métabolisation nécessite une grande quantité et une grande diversité d'enzymes, ils constituent donc des substrats faiblement énergétiques. Au cours du processus de décomposition d'une particule de matière végétale morte, les molécules les plus simples disparaissent rapidement, étant, pour l'essentiel, transformées en dioxyde de carbone, alors que les plus complexes ne sont métabolisées que très lentement. De ce fait, toute particule de matière organique tend à s'enrichir relativement en composés complexes : au fur et à mesure que la décomposition avance, la matière organique restante devient de moins en moins biodégradable et sa vitesse de disparition se réduit de plus en plus. Il en résulte que la matière organique du sol est ainsi constituée majoritairement de molécules complexes, au rendement énergétique de métabolisation allant de faible à très faible, ce qui explique leur persistance sur le long terme. Ce qui revient à dire que le sol contient une grande quantité de chaînes carbonées qui sont source potentielle d'énergie, mais qu'elles sont très majoritairement inaccessibles aux micro-organismes.

Cette matière organique contient évidemment des éléments autres que le carbone : il s'agit de l'azote, du phosphore et de nombreux autres éléments biogènes. Si la minéralisation du carbone organique dans le sol en  $\text{CO}_2$  est irréversible, ce n'est pas le cas de la transformation de l'azote organique en azote minéral, sous forme d'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ). En effet, l'ammonium produit par des communautés microbiennes peut être assimilé par d'autres communautés qui le retransforment en azote organique. Une partie de cet azote organique peut alors rejoindre le stock de la matière morte du sol *via* les sécrétions et les déchets produits par les micro-organismes et par la décomposition de ces derniers. Au cours de la dégradation d'une particule de matière organique, le carbone est donc perdu plus rapidement que l'azote et les autres éléments, la concentration relative en azote de cette particule augmente donc avec le temps.

Ainsi, une matière organique jeune est riche en énergie, mais pauvre en azote et en autres nutriments ; à l'inverse, si une matière organique ancienne est peu énergétique, elle est en revanche riche en azote et en nutriments. Or, un organisme vivant a besoin à la fois d'énergie, d'azote, de phosphore, etc. Alors comment débloquer la situation ? La meilleure solution est d'être présent partout à la fois. C'est ce que font les champignons : grâce à leur structure filamenteuse, ils peuvent être présents en même temps sur les matières organiques jeunes et sur les matières organiques anciennes. Ils ont ainsi accès à l'énergie et aux nutriments, ils ne sont limités ni dans leur activité ni dans

leur multiplication, et c'est sans doute pour cette raison qu'ils sont responsables de 70 à 80 % de la dégradation de la matière organique des sols. De leur côté, les bactéries, qui sont peu mobiles, n'ont donc accès qu'à un seul type de matière organique, leur salut réside dans l'eau du sol. En effet, l'eau joue le rôle de transporteur : une bactérie présente sur un substrat organique riche en azote rejette sous forme d'ammonium l'excédent d'azote dans le milieu extérieur, c'est-à-dire dans l'eau du sol. Cet azote devient dès lors accessible à une bactérie n'ayant accès qu'à un substrat pauvre en azote. Les bactéries sont donc en situation à la fois de compétition pour l'accès aux monomères solubilisés et de synergie pour la dépolymérisation des molécules sources.

La question de l'azote et des autres nutriments est donc réglée. Pourtant, à la base, l'azote et les autres nutriments s'insèrent dans un réseau carboné extrêmement difficile à dégrader. La matière organique du sol est en quelque sorte un coffre-fort à azote, à phosphore et autres éléments, et, comme tout coffre-fort, elle est difficile à ouvrir. Si le problème est celui du faible rendement énergétique associé à la dégradation de la matière organique, alors la solution est dans l'apport d'énergie supplémentaire. Le déblocage du processus de dégradation par un apport d'énergie a été nommé *priming effect*, c'est-à-dire un effet de stimulation de la dégradation de la matière organique ancienne du sol par un apport de molécules à haut rendement énergétique, comme le sucre et, plus généralement, les glucides simples.

Le *priming effect* est massivement mis en œuvre par les plantes, qui consacraient en moyenne 20 à 30 % des produits de leur photosynthèse nette à l'exsudation racinaire de polysaccharides de faible poids moléculaire. Il en résulte une minéralisation accélérée de la matière organique qui se traduit par une libération d'azote minéral : les plantes améliorent donc leur environnement nutritionnel immédiat, synchronisant notamment la production des éléments minéraux avec leurs besoins. Il est à noter que les polysaccharides produits par certains animaux du sol, notamment les vers de terre, engendrent aussi un *priming effect* : on peut, par exemple, suivre à la trace la progression d'un ver à travers la ligne d'activité respiratoire des micro-organismes qu'elle provoque et l'augmentation de la concentration relative du sol en azote minéral. On peut même parfois observer que les racines de certaines plantes dotées de la capacité de proliférer rapidement lorsqu'elles rencontrent un micro-site enrichi en nutriments, empruntent quelques heures plus tard les galeries creusées par des vers...

L'azote et le phosphore sont deux éléments très différents l'un de l'autre en raison de leur origine. L'azote, qui est issu à la base de l'atmosphère, entre dans l'écosystème *via* la fixation biologique : l'azote de l'air  $\text{N}_2$  est converti en  $\text{NH}_3$  (ammoniac) par des bactéries libres, mais bien plus souvent par des bactéries symbiotiques des racines des plantes, notamment celles des légumineuses. Cette fixation est un processus coûteux en énergie : les plantes y consacrent en effet une part significative des molécules organiques qu'elles produisent au cours du processus de photosynthèse. L'entrée de l'azote dans l'écosystème est

donc avant tout la résultante d'un processus biologique. Il n'en est pas de même pour le phosphore : celui-ci provient en effet de l'altération physico-chimique des minéraux des roches, un processus sur lequel le vivant n'a qu'une influence faible. Cette altération est principalement localisée à l'interface se situant entre le sol et la roche sous-jacente : les minéraux solubles qui y sont libérés sont hors de portée des plantes herbacées aux racines trop courtes. Dans la nature, les arbres jouent le rôle d'ascenseurs à phosphore, mais aussi à potassium, etc. Les racines profondes assurent l'alimentation des arbres en phosphore et autres éléments, dont une partie se retrouve dans les feuilles qui, après leur chute et leur décomposition, libèrent ces précieux nutriments qui deviennent ainsi accessibles aux plantes qui ne disposent que de racines superficielles. Ce phénomène est d'ailleurs favorisé par l'agroforesterie, ce qui en fait l'un des intérêts majeurs de ce mode d'exploitation : c'est pour cela que l'on conseille aujourd'hui aux agriculteurs de replanter des arbres dans leurs parcelles...

L'azote existe sous deux formes dans le sol : la plus commune est l'ammonium, qui peut être transformé, par oxydation, en nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), sous l'action de bactéries spécialisées qui en tirent de l'énergie. Les sols présentent en général une charge électrique négative : l'ammonium, chargé positivement, est donc bien conservé dans le sol, alors que le nitrate, chargé négativement, a tendance à en être repoussé. Pour les plantes, cela signifie que l'ammonium est une forme conservative de l'azote, alors que le nitrate est une forme labile. Dans ces conditions, toute plante qui, par un mécanisme ou un autre, arriverait à déplacer l'équilibre ammonium-nitrate vers le pôle ammonium obtiendrait un avantage en améliorant la conservation de cette ressource rare qu'est l'azote et améliorerait, par voie de conséquence, sa nutrition minérale. Cette hypothèse a été validée dans les savanes humides pré-forestières qui couvrent des millions de kilomètres carrés en Afrique, là où l'azote du sol n'est présent que sous forme d'ammonium : dans ces régions, les racines des graminées les plus courantes sécrètent des inhibiteurs des micro-organismes nitrifiants, ces graminées qui supportent le coût de la synthèse de ces inhibiteurs poussent plus rapidement et présentent un niveau de biomasse plus élevé en raison de l'amélioration de la disponibilité de l'azote. Lorsque ces espèces sont expérimentalement mélangées avec des plantes incapables de bloquer la nitrification, elles éliminent ces dernières en quelques années seulement...

Comme beaucoup d'autres plantes poussant sur des sols pauvres en matière organique, ces graminées améliorent encore la conservation des éléments minéraux dans leur sphère d'influence grâce à une autre propriété : la concentration de leurs racines dans un espace réduit. Cette caractéristique peut surprendre, car, dans des sols pauvres en nutriments, on pourrait s'attendre à ce que les racines explorent le sol au maximum ; en fait, c'est tout le contraire, elles se concentrent sur 10 à 20 % du sol disponible. Ces graminées sont des plantes pérennes, elles subsistent donc pendant une centaine d'années. De ce fait, les racines mortes, dont la décomposition libèrent des éléments minéraux, sont proches des racines

vivantes qui prélèvent l'eau et les sels minéraux : le temps de résidence des éléments minéraux dans le sol est donc très court et le taux de récupération, c'est-à-dire de recyclage, est très élevé. Il est d'ailleurs probable que les racines fines superficielles des arbres viennent, en quelque sorte, parasiter ce système en venant y prélever des éléments minéraux. Serait-ce un échange de bons procédés au regard du cycle du phosphore ? C'est ce qui semble être. Du fait de la mortalité de leurs racines fines et donc de leur décomposition, il est en effet très probable que les arbres procurent aux graminées les éléments qu'ils sont allés prélever en profondeur grâce à leur système racinaire, en particulier le phosphore, faisant ainsi passer la relation herbe-arbre à une forme de coopération. Des phénomènes analogues se produisent en ce qui concerne l'eau : lorsqu'une partie du profil du sol se dessèche, les racines profondes des arbres remontent de l'eau jusqu'à la surface, permettant aux plantes superficielles de s'alimenter en eau et, évidemment, en éléments minéraux.

La coopération dans le monde végétal est sans doute beaucoup plus développée qu'on ne le croit, notamment en ce qui concerne la nutrition minérale. Les micro-organismes sont souvent de la partie : ils peuvent utiliser le carbone exsudé par les racines pour compléter leur apport en énergie, et ce quelle que soit leur nature, bactérienne ou fongique. Ces derniers, en étroite association avec les racines, sous la forme de mycorhizes, décuplent la capacité exploratoire de la plante. Dans les faits, l'alimentation en eau et en éléments nutritifs des plantes est moins assurée par leurs racines que par ces champignons symbiotiques qui parfois connectent entre eux des individus d'espèces différentes. Il a ainsi été démontré expérimentalement que lorsque l'un d'entre eux est placé à l'ombre et connaît donc une photosynthèse amoindrie, un autre, qui lui est placé en pleine lumière, lui transfère du carbone *via* les mycorhizes. Et il y a fort à parier que, dans l'autre sens, c'est de l'azote qui est transféré : les deux individus peuvent ainsi maintenir au mieux leur rapport carbone-azote, en tirant tous les deux de cette coopération un gain en matière de performance et de compétitivité. En d'autres termes, deux individus appartenant à deux espèces différentes peuvent être, dans le même temps, en compétition, par exemple, pour la lumière, et en coopération, par exemple, pour l'accès au carbone et aux éléments minéraux.

En conclusion, considérer un sol comme une simple réserve de carbone et d'éléments nutritifs, plus ou moins bien dotée originellement, dans laquelle des plantes en compétition les unes avec les autres viendraient puiser et qu'il conviendrait d'enrichir chimiquement pour en pérenniser la fertilité, est une vision largement fautive. Le sol est un monde hétérogène qui n'existe que par l'activité des micro- et macro-organismes qui le transforment sans cesse, dans des rapports étroits et indissociables de coopération et de compétition. Ces faits, observés sous toutes les latitudes, incitent à revoir totalement les pratiques agricoles et sylvicoles conventionnelles, notamment pour assurer la pérennité des productions et reconstituer le stock de carbone dans les sols, et ce dans un contexte où l'adaptation au changement climatique devient de plus en plus urgente.

# 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.

**E**ssentiels 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* <sup>(1)</sup> –, 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.

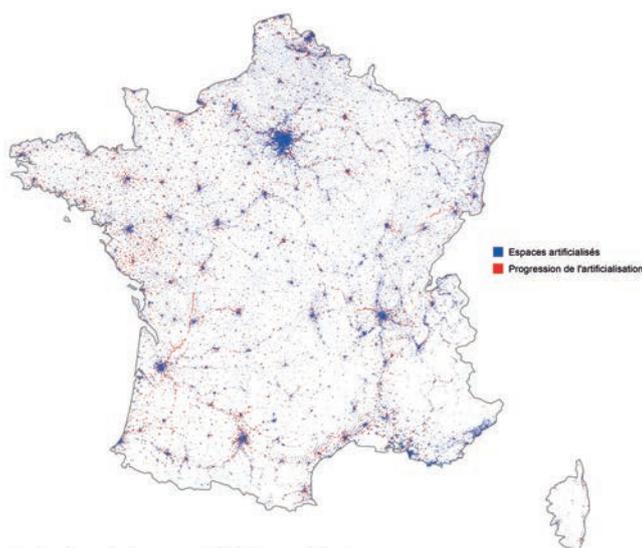
### La mesure de l'artificialisation des sols

Eu égard à ses impacts <sup>(2)</sup>, 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<sup>(3)</sup>) 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.

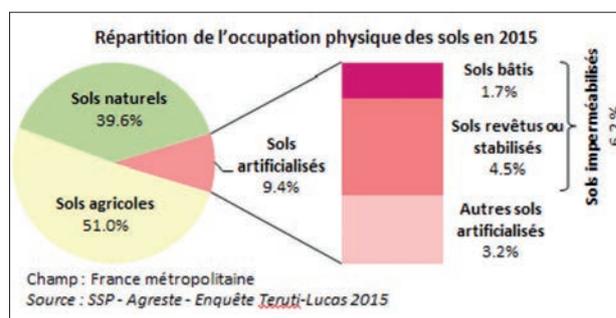


Figure 4 : Répartition de l'occupation physique des sols en 2015.

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 m<sup>2</sup> en moyenne) qu'un logement en habitat individuel (1 142 m<sup>2</sup> 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<sup>(4)</sup> et sur les Fichiers fonciers<sup>(5)</sup>, 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/>

# Les sols, facteurs d'atténuation ou, au contraire, d'aggravation du changement climatique

Par Suzanne LUTFALLA

Laboratoire de géologie, PSL Research University, CNRS-ENS UMR8538, Paris

Lauric CÉCILLON

Université Grenoble Alpes, IRSTEA, Saint-Martin-d'Hères

et Pierre BARRÉ

Laboratoire de géologie, PSL Research University, CNRS-ENS UMR8538

Dans cet article, nous présenterons comment les sols influencent le climat en tant que réservoir dynamique de carbone. Après avoir rappelé l'origine, la nature et le devenir du carbone des sols, nous montrerons que l'évolution des flux de carbone entre les sols et l'atmosphère est une composante majeure de celle de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique. Nous discuterons ensuite des incertitudes fortes qui entourent les évolutions futures des stocks de carbone des sols, à toutes les échelles. Puis, nous reviendrons sur l'avènement, au niveau local (notamment dans le cadre des intercommunalités françaises) comme au niveau international, de politiques volontaristes en matière de séquestration du carbone dans les sols. Nous concluons sur le fait que si les sols ont un fort potentiel d'atténuation du changement climatique et que la réalisation de ce potentiel s'accompagnera de bénéfices très importants pour la qualité des sols, la priorité pour lutter contre le changement climatique reste la baisse des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique.

Les sols renferment environ trois fois plus de carbone sous la forme de matières organiques que l'atmosphère en contient sous la forme de CO<sub>2</sub> (2 400 giga tonnes de carbone (GtC) contre 800 GtC (Jobbagy et Jackson, 2000)). En prenant en compte les sols gelés des hautes latitudes (le pergélisol), la taille du réservoir mondial de carbone organique des sols atteint les 4 100 GtC (Tarnocai *et al.*, 2009). Les variations (augmentation ou diminution) du stock de carbone organique des sols jouent sur la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique sur des pas de temps courts, allant de la décennie au siècle. Dans cet article, nous présenterons tout d'abord l'importance du stockage du carbone dans les sols sur l'évolution de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique, puis nous exposerons les prévisions d'évolution de ce stock de carbone et, enfin, nous terminerons en discutant de deux exemples de politiques volontaristes de séquestration du carbone dans les sols qui se mettent en place tant au niveau local qu'au niveau international. Elles visent à limiter les changements climatiques et à adapter les territoires et l'agriculture à ces changements. Dans cet article, nous avons fait le choix de nous focaliser sur l'évolution des stocks de carbone organique des sols et des émissions de CO<sub>2</sub>

correspondantes, nous ne traiterons donc pas des émissions de CH<sub>4</sub> et de N<sub>2</sub>O par les sols qui peuvent elles aussi contribuer au changement climatique.

## Les sols, des régulateurs de la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique

### **Du carbone dans les sols : un cycle biogéochimique pour des sols vivants**

Les plantes fixent le carbone atmosphérique dans leur biomasse, grâce à la photosynthèse. En se développant sur un sol, elles constituent la source principale d'entrée de carbone dans ce sol, sous forme de matières organiques. Ces entrées résultent de l'excrétion de composés organiques au niveau des racines des plantes (exsudation racinaire) et sont liées à la sénescence des plantes ou de certains de leurs organes (chute des feuilles, dépérissement de racines fines, etc.). Le carbone organique entrant dans les sols est à l'origine de la vie dans ces derniers. En effet, les organismes du sol (micro-organismes (bactéries, champignons) et autres animaux vivant dans le sol) organisés en un réseau trophique complexe utilisent ces matières organiques comme sources de matière et

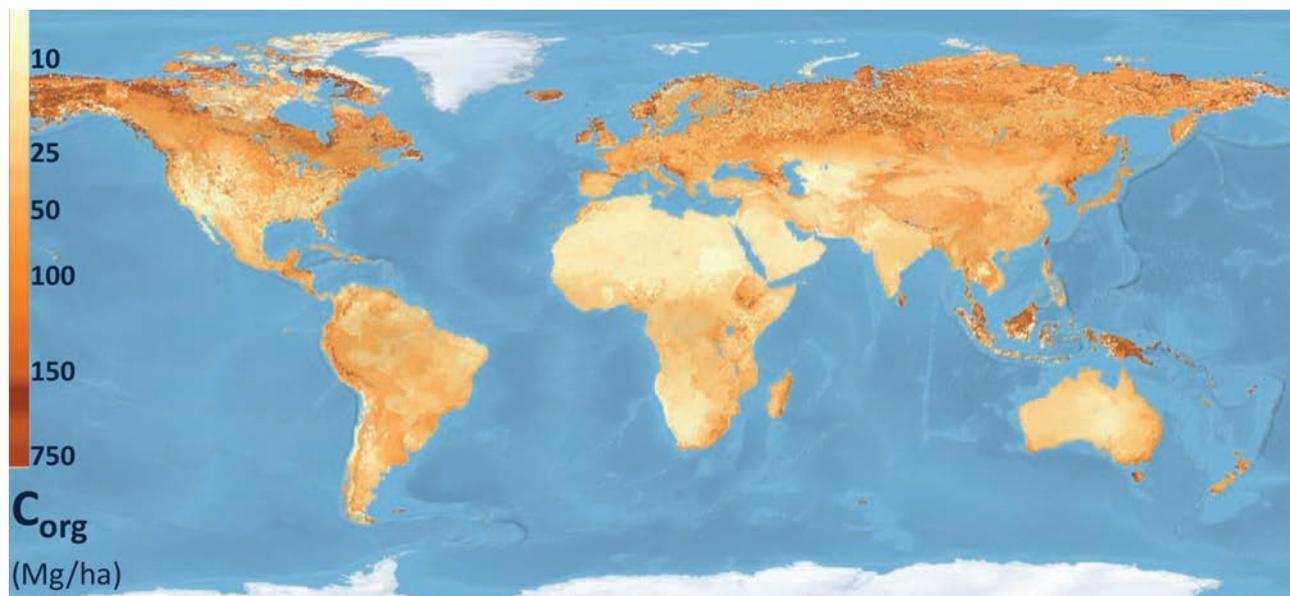


Figure 1 : Carte du monde des stocks de carbone (FAO/Global Soil Partnership ; <http://54.229.242.119/apps/GSOCmap.html>).

d'énergie pour leur métabolisme. En retour, l'activité des organismes du sol génère de nouvelles matières organiques dans les sols et du  $\text{CO}_2$  (respiration du carbone organique), la respiration des micro-organismes des sols constituant le principal flux sortant de carbone, des sols vers l'atmosphère. Le carbone organique des sols est ainsi composé d'un continuum de molécules et de fragments organiques qui se trouvent sous forme de composés d'origines végétale, animale et microbienne en cours de décomposition. La vitesse de décomposition des matières organiques du sol par les organismes qui y sont présents dépend principalement de leurs qualités chimiques, de leur protection par la matrice du sol (adsorption sur des minéraux ou piégeage au sein d'agrégats) et des conditions environnementales (par exemple, la température et l'humidité du sol). Le stock de carbone organique d'un sol correspond à la différence entre les entrées et les sorties de carbone intervenues depuis la formation de ce sol. Dans certaines régions, notamment dans des zones fortement pentues ou très ventées, les sorties de carbone par érosion hydrique ou éolienne contribuent également significativement à la réduction du stock de carbone des sols de ces zones.

### Les flux de carbone entre les sols et l'atmosphère : une composante majeure de l'évolution du climat

La conversion de forêts ou de prairies, dont les sols sont riches en carbone organique, en sols cultivés, plus pauvres en carbone, génère actuellement un flux de  $\text{CO}_2$  des sols vers l'atmosphère d'environ 1 GtC par an (GCP, 2017). Ce flux représente aujourd'hui près de 10 % des émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Depuis 1750, le flux de carbone des sols vers l'atmosphère consécutif à des changements d'usage des terres représente environ 136 GtC, soit 25 à 30 % des émissions anthropiques totales enregistrées depuis cette date (LAL, 2004). À l'inverse, les surfaces continentales, notamment les sols, constituent des puits de carbone notables : on

estime que, chaque année, environ 30 % des émissions anthropiques sont captées par les sols et la végétation (~2,5-3 GtC/an). Les échanges de carbone entre les sols et l'atmosphère jouent ainsi un rôle significatif sur l'évolution de la concentration en  $\text{CO}_2$  atmosphérique, et donc, sur celle du climat. Connaître l'évolution des flux de carbone entre les sols et l'atmosphère est donc essentiel pour pouvoir prédire celle de la concentration en  $\text{CO}_2$  atmosphérique.

### Quelles sont les évolutions attendues du stock de carbone des sols au cours du XXI<sup>e</sup> siècle ?

#### Des modèles pour prédire les flux de carbone entre les sols et l'atmosphère

Les modèles climatiques (par exemple, le modèle français ORCHIDEE (<http://www-lsceorchidee.cea.fr/>)) donnent, du fait de leur importance pour l'évolution du climat, une représentation spatialement explicite de la biosphère et du stock de carbone des sols, et de leurs évolutions au fil du temps. Dans ces modèles, la taille du réservoir de carbone des sols dépend des entrées de carbone issues de la production primaire nette des végétaux et des sorties de carbone résultant de la décomposition du carbone du sol par les micro-organismes. La vitesse de décomposition du carbone du sol dépend principalement de la température et de l'humidité du sol qui sont deux des variables directement influencées par le climat. Ces modèles offrent donc une représentation de la boucle de rétroaction existant entre les sols et le climat, dans laquelle l'évolution du stock de carbone des sols dépend de l'évolution du climat, qui, elle-même, dépend de l'évolution du stock de carbone des sols !

Les évolutions de la production primaire nette et de la vitesse de décomposition du carbone des sols ne sont pas faciles à prédire avec précision. Actuellement, les différents modèles disponibles prédisent des évolutions

du stock de carbone des sols très différentes au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, allant d'une perte de 72 GtC à un gain de 253 GtC (Todd-Brown *et al.*, 2014). De plus, les mécanismes de stabilisation du carbone, et donc le temps de résidence moyen du carbone organique dans les sols, sont mal représentés dans ces modèles globaux (Luo *et al.*, 2016 ; He *et al.*, 2016). Cela illustre la très grande incertitude qui entoure l'évolution du stock de carbone des sols au cours de ce siècle.

### Des prévisions d'évolution du stock de carbone des sols incertaines et très contrastées selon les régions du globe

Les évolutions des stocks de carbone des sols au XXI<sup>e</sup> siècle vont différer selon les régions du monde. En effet, l'intensité des changements climatiques varie en fonction des régions : la production primaire des végétaux et la décomposition du carbone des sols varieront donc fortement d'une région à une autre. De même, les changements dans l'utilisation des terres différeront selon les zones, et il est difficile d'en anticiper les déterminants socio-économiques. Indépendamment de ces éventuelles évolutions dans l'utilisation des terres, les changements climatiques pourraient conduire à une augmentation des stocks de carbone des sols non gelés de pays comme la Russie ou le Canada, la hausse des températures entraînant une augmentation de la production primaire des végétaux supérieure à celle de la décomposition du carbone dans les sols. En revanche, la fonte d'une partie des pergélisols, ces sols gelés caractéristiques des plus hautes latitudes de ces pays, pourrait être une importante source de génération de gaz à effet de serre au cours du XXI<sup>e</sup> siècle, notamment sous forme de méthane (CH<sub>4</sub>). Même en excluant les émissions générées par la fonte de ces sols gelés, mais en raisonnant à l'échelle plus large de l'ensemble des pays du Nord, la hausse des stocks de carbone consécutive aux changements climatiques devrait être supérieure à la baisse générée par des changements dans l'usage des terres (Eglin *et al.*, 2010).

Inversement, sans tenir compte des effets liés aux changements dans l'utilisation des terres, le climat plus chaud et plus sec attendu en Afrique et en Amérique Latine va probablement conduire à un bilan global correspondant à une baisse sensible des stocks de carbone des sols. Outre sa contribution à l'augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, cette baisse des stocks risque de faire peser une sérieuse menace sur la capacité des sols à remplir leur rôle de substrat en matière de production agricole dans des régions déjà vulnérables en termes de sécurité alimentaire. Enfin, la poursuite ou l'intensification de la déforestation prévue dans ces régions risque d'augmenter plus encore la baisse des stocks de carbone des sols (Eglin *et al.*, 2010). Cependant, ces prévisions basées sur des sorties de carbone issues de modèles globaux sont incertaines. De plus, elles ne peuvent être utilisées comme un outil d'aide à la décision pour la gestion de ces territoires. En effet, les simulations à grande échelle ne prennent pas en compte les variations locales de pédoclimats qui influencent fortement les flux de carbone entre les sols et l'atmosphère.



Figure 2 : Profil de sol d'un podzsol meuble issu de sable des landes (référentiel pédologique 2008), sous une plantation de pins maritimes en lande sèche. Site FCBA de Préchac (GIS Coop de données), département de la Gironde, France. Fosse pédologique réalisée par L. Cécillon, L. Soucemarianadin et A. Delahaie.

### Des politiques volontaristes en matière d'augmentation des stocks de carbone dans les sols

#### Comment augmenter les stocks de carbone des sols ?

L'évolution des stocks de carbone des sols influe sur la concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique. Les sociétés humaines, à travers leurs actions, peuvent modifier ce stock de carbone. L'augmentation contrôlée du stock de carbone des sols est donc régulièrement proposée, depuis une vingtaine d'années, comme une solution à l'atténuation du changement climatique (voir l'expertise INRA : Arrouays *et al.*, 2002). La stratégie la plus évidente et la plus consensuelle pour augmenter les stocks de carbone des sols consiste à augmenter les entrées de carbone dans les sols. Une première option consiste à remplacer un usage du sol conduisant à de faibles entrées de carbone par un usage générant des entrées plus fortes

(par exemple, les prairies ou les forêts sont des usages du sol qui génèrent, en moyenne, des entrées de carbone plus importantes que les grandes cultures agricoles). Une autre option est d'augmenter les entrées de carbone en maintenant un usage du sol constant, il s'agit alors de mettre en œuvre des itinéraires techniques « stockants ». Cela peut être réalisé pour l'agriculture, par exemple, en augmentant les restitutions de pailles après récolte, en intégrant des inter-cultures pour réduire les périodes pendant lesquelles le sol reste à nu ou en intégrant des périodes de prairie temporaire dans les rotations culturales. Les augmentations de carbone provoquées par un changement d'usage des terres ou des modifications dans les pratiques agricoles sont variables, elles peuvent aller de quelques dizaines de kilogrammes de carbone par hectare et par an à plus de 10 tC/ha/an pour le cas particulier de la restauration de sols organiques comme les tourbières (Smith *et al.*, 2008 ; Chenu *et al.*, 2014). Inversement, des pratiques ou des usages délétères pour les stocks de carbone et l'arrêt ou l'abandon des pratiques « stockantes » conduisent à d'importantes pertes en carbone des sols. Il s'agit donc, lorsque cela est possible, de mettre en œuvre une stratégie de séquestration du carbone dans les sols et, dans les autres cas, d'empêcher la perte de carbone des sols et contribuer ainsi au maintien des stocks initiaux.

### À l'échelle internationale, l'Initiative « 4 pour 1 000 » fédère des acteurs autour de la séquestration du carbone dans les sols

Le rôle positif susceptible d'être joué par les sols dans la lutte contre le changement climatique a été mis en avant pendant la COP21, avec le lancement de l'Initiative « 4 pour 1 000 – Les sols pour la sécurité alimentaire et le climat » (<https://www.4p1000.org/>) sous l'impulsion de la France. Cette initiative vise à promouvoir les pratiques agricoles et forestières qui permettent d'augmenter les stocks de carbone, avec à la clé un triple bénéfice : cela permet 1) d'atténuer le changement climatique en compensant une partie des émissions de gaz à effet de serre (GES), 2) d'augmenter la sécurité alimentaire en améliorant la qualité des sols agricoles et, enfin, 3) de permettre une meilleure adaptation des agro-écosystèmes au changement climatique en augmentant leur résilience. L'intitulé de cette Initiative traduit l'idée suivante : avec un stock de carbone des sols global estimé à 2 400 GtC, une augmentation annuelle de ce stock de 4 pour 1 000 (c'est-à-dire 0,4 %) conduirait à un flux d'environ 10 GtC/an de l'atmosphère vers les sols, compensant ainsi l'intégralité des émissions anthropiques actuelles de gaz à effet de serre (Balesdent et Arrouays, 1999). Cet objectif ambitieux n'est pas réaliste, et ce pour de nombreuses raisons (Soussana *et al.*, 2017). Tout d'abord, une grande partie du stock de carbone des sols se trouve dans des horizons profonds qui, de fait, sont peu impactés, du moins à court terme, par des changements de pratiques agricoles, en outre, seule une partie des sols est cultivée et est donc susceptible d'être impactée par des changements de ce type. Par ailleurs, la multiplicité des acteurs intervenant dans la gestion des sols, c'est-à-dire des millions d'agriculteurs, des propriétaires terriens, des collectivités, etc., rend difficile, voire impossible la mise en place d'une action coordonnée à une grande échelle.

Il est donc clair (l'Initiative sur ce point est sans ambiguïté) que si les sols ont un véritable potentiel d'atténuation ou, au contraire, d'aggravation du changement climatique à travers le stockage ou le déstockage de carbone, ils ne peuvent en aucun cas se substituer à la nécessaire réduction des émissions de GES d'origine anthropique, laquelle demeure la priorité absolue dans le cadre de la lutte contre le changement climatique. Enfin, il faut noter qu'une augmentation du stock de carbone d'un sol améliore la qualité de celui-ci, ce qui pourrait favoriser une augmentation ou, à tout le moins, garantir une meilleure stabilité des rendements agricoles dans certaines zones du globe, contribuant ainsi à accroître la sécurité alimentaire. Cet aspect est aussi important, si ce n'est plus, que l'effet d'atténuation potentiel de la séquestration de carbone dans les sols.

### Évaluer et développer la séquestration de carbone dans les sols, une nouvelle obligation à traduire par les intercommunalités françaises dans leurs plans climat (PCAET)

La prise en compte du potentiel du carbone des sols en matière d'atténuation (ou d'aggravation) des changements climatiques a également, depuis peu, une déclinaison locale. En effet, en application du décret n°2016-849 du 28 juin 2016, les établissements publics français de coopération intercommunale à fiscalité propre comptant plus de 20 000 habitants doivent prendre en compte la séquestration nette de carbone par leurs écosystèmes naturels, y compris les sols, dans leurs plans Climat Air Énergie territoriaux (PCAET). Cette prise en compte pose des questions d'ordre scientifique, car l'évaluation précise des stocks de carbone des sols et la prévision de leur évolution demeurent un véritable défi, même au niveau local. Pour l'instant, les méthodes de comptabilisation du carbone organique des sols dans les PCAET ne peuvent s'appuyer que sur des facteurs globaux déterminés à l'échelle nationale par type d'usage des terres, voire par catégorie de pratiques agronomiques. Cette méthodologie est similaire à la méthode Tiers 1 utilisée dans le cadre des travaux du Groupement intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Elle est peu précise, car elle ne prend pas en compte les déterminants pédoclimatiques locaux qui influencent grandement la séquestration de carbone dans les sols.

### Conclusion

Il est aujourd'hui certain que les sols peuvent contribuer significativement, de manière aussi bien positive que négative, à l'évolution de la teneur en CO<sub>2</sub> atmosphérique, et donc à l'évolution du climat. Le potentiel des sols en matière d'atténuation des changements climatiques commence à être pris en compte dans les politiques publiques. Il convient néanmoins de noter que l'estimation de l'évolution du stock de carbone organique des sols à une échelle locale, et *a fortiori* globale, reste très incertaine. La détermination plus précise de cette évolution et la mise en place de plans d'action pour rendre effective la séquestration de carbone dans les sols passeront nécessairement par la levée de nombreux verrous scientifiques, en sciences « dures » comme en sciences humaines et sociales.

## Références bibliographiques

- ARROUAYS D., BALESSENT J., GERMON J.-C., JAYET P. A., SOUSSANA J.-F. & STENGEL P. (eds) (2002), « Contribution à la lutte contre l'effet de serre. Stocker du carbone dans les sols agricoles de France ? », expertise scientifique collective, synthèse INRA, 32 p.
- BALESSENT J. & ARROUAYS D. (1999), "An estimate of the net annual carbon storage in French soils induced by land use change from 1900 to 1999" [French], *comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France* 85(6), pp. 265-277.
- CHENU C., KLUMPP K., BISPO A., ANGERS D., COLNENNE C. & MÉTAY A. (2014), « Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France », *Innovations agronomiques* 37, pp. 23-37.
- EGLIN T., CIAIS P., PIAO S. L., BARRÉ P., BELLASSEN V., CADULE P., CHENU C., GASSER T., KOVEN C., REICHSTEIN M. & SMITH P. (2010), "Historical and future perspectives of global soil carbon response to climate and land-use changes", *Tellus-B* 62, pp. 700-718.
- GCP (2017), Global Carbon Project, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget/>
- HE Y., TRUMBORE S. E., TORN M. S., HARDEN J. W., VAUGHN L. J. S., ALLISON S. D. & RANDERSON J. T. (2016), "Radiocarbon constraints imply reduced carbon uptake by soils during the 21st century", *Science* 353, pp. 1419-1424.
- IPCC (2014), "Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", Core Writing Team, PACHAURI R. K. & MEYER L. A. (eds.), IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- JOB BAGY E. G. & JACKSON R. B. (2000), "The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation", *Ecological Applications* 10, pp. 423-436.
- LUO Y., AHLSTRÖM A., ALLISON S. D., BATJES N. H., BROVKIN V., CARVALHAIS N., CHAPPELL A., CIAIS P., DAVIDSON E. A., FINZI A., GEORGIU K., GUENET B., HARARUK O., HARDEN J. W., HE Y., HOPKINS F., JIANG L., KOVEN C., JACKSON R. B., JONES C. D., LARA M. J., LIANG J., MCGUIRE A. D., PARTON W., PENG C., RANDERSON J. T., SALAZAR A., SIERRA C. A., SMITH M. J., TIAN H., TODD-BROWN K. E. O., TORN M., VAN GROENINGEN K. J., WANG Y. P., WEST T. O., WEI Y., WIEDER W. R., XIA J., XU X. & ZHOU T. (2016), "Toward more realistic projections of soil carbon dynamics by Earth system models", *Global Biogeochemical Cycles* 30(1), pp. 40-56.
- SMITH P., MARTINO D., CAI Z., GWARY D., JANZEN H., KUMAR P., MCCARL B., OGLE S., O'MARA F., RICE C., SCHOLES B., SIROTENKO O., HOWDEN M., MCALLISTER T., PAN G., ROMANENKOV V., SCHNEIDER U., TOWPRAYOON S., WATTENBACH M. & SMITH J. (2008), "Greenhouse gas mitigation in agriculture", *Phil. Trans. R. Soc. B* 363, pp. 789-813.
- SOUSSANA J.-F., LUTFALLA S., EHRHARDT F., ROSENSTOCK T., LAMANNA C., HAVLÍK P., RICHARDS M., WOLLENBERG E. (LINI), CHOTTE J.-L., TORQUEBIAU E., CIAIS P., SMITH P. & LAL R. (2017), "Matching policy and science: Rationale for the "4 per 1000 – soils for food security and climate" initiative", *Soil Tillage Res.*
- TARNOCAI C., CANADELL J. G., SCHUUR E. A. G., KUHR Y. P., MAZHITOVA G. & ZIMOV S. (2009), "Soil organic carbon pools in the northern circumpolar permafrost region", *Global Biogeochemical Cycles* 23, GB2023.
- TODD-BROWN *et al.* (2014), "Changes in soil organic carbon storage predicted by Earth system models during the 21st century", *Biogeosciences* 11, pp. 2341-2356.

# Le statut juridique des sols face à l'artificialisation : état des lieux et perspectives

Par Philippe BILLET

Professeur agrégé de droit public (Université Jean-Moulin - Lyon 3)

Directeur de l'Institut de droit de l'environnement (CNRS, UMR 5600, EVS-IDE) et membre du Labex IMU (Intelligence des mondes urbains)

Assise de la plupart des activités humaines, le sol est largement oublié par le droit lorsqu'il s'agit d'envisager sa protection contre l'artificialisation. Le Code de l'environnement l'ignore comme milieu naturel, tandis que le Code de l'urbanisme organise son occupation en peinant à garantir une utilisation « économe ». Le droit de l'Union européenne, après avoir vainement tenté de promouvoir une directive-cadre sur les sols, s'est orienté vers des lignes directrices contre l'artificialisation, sans valeur contraignante, et vers une politique de saupoudrage, dispersant les mesures de protection sans principes directeurs. Fondée sur la loi ALUR de 2014, la nouvelle politique de planification de l'occupation des sols repose sur la densification, en imposant, en amont, une réflexion sur l'artificialisation des sols et en supprimant les dispositions favorisant l'étalement urbain. La neutralité en matière de dégradation des sols appelle le développement d'outils incitatifs et, peut-être, la reconnaissance d'une communautarisation de certains des services fournis par les sols.

## Le délaissement du sol

Le droit distingue formellement « deux » sols : d'une part, un « sol-surface », qui caractérise le point de contact entre le dessus et le dessous de la surface, un sol « théorique », en quelque sorte, simple surface géométrique qui ne disparaît jamais, et, d'autre part, un « sol-matière », d'une épaisseur plus ou moins importante en fonction de la réglementation et de l'usage considérés (droit de l'urbanisme, droit rural, droit de l'environnement...), dont les caractéristiques peuvent varier. Le sol du juriste ne recouvre donc pas nécessairement la même réalité que le sol de l'agronome ou que celui du pédologue. Il n'a pas non plus toujours la même dénomination, qui varie en fonction de la réglementation considérée et ne recouvre pas la même réalité d'un texte à l'autre : « sol(s) », « terre(s) », « territoire », « surface », « espace », soit des termes qui déclinent ainsi le même objet, mais selon un angle d'attaque et des préoccupations différents, selon qu'il s'agit de valoriser le sol à des fins agricoles, de l'occuper par des constructions ou autres aménagements et ouvrages, de le communautariser en tant que « patrimoine commun de la nation » ou de le publiciser comme circonscription administrative. Le sol est donc abordé en ordre dispersé par le droit, sans dispositif-cadre, isolé qu'il est dans

une fonction ou un ensemble de fonctions. Illustration du peu d'intérêt qu'il suscite pour les pouvoirs publics, le Code de l'environnement ne reconnaît pas le sol au titre des « Milieux physiques », qualification réservée de façon exclusive aux « Eau et milieux aquatiques et marins » et à l'« Air et [à l']atmosphère ». Tout au plus ce Code lui concède-t-il quelques rares dispositions au titre de la responsabilité environnementale (L. 161-1 et suiv.) et de la police spéciale de la pollution des sols (L. 556-3) ou, de façon plus générale, comme élément identifié de milieux protégés (parc national, réserve naturelle...) ou comme un autre élément naturel que les évaluations environnementales doivent prendre en compte (L. 122-1 et suiv.). Et rien de plus. Le droit n'est que le reflet de l'approche sociétale du sol : une relative ignorance, un désintérêt certain, sauf lorsqu'il s'agit de propriété, sauf lorsque le sol est altéré, pollué et qu'il peut être source d'atteintes à la santé ou sauf lorsqu'il s'agit de préserver son utilisation à des fins de production agricole.

## L'échec du projet de directive-cadre

Contrairement à l'air ou à l'eau, la protection des sols ne repose sur aucune réglementation-cadre, ne connaît aucun principe fédérateur qui lui conférerait un semblant d'unité

juridique, faute, certainement, de contraintes communautaires en ce sens. De fait, ce n'est que très tardivement que le droit de l'Union européenne s'est intéressé au sol de façon spécifique, les dispositions le concernant étant le plus souvent réparties dans ses différents instruments : mise en valeur et préservation des sols dans le cadre de la politique agricole commune, supports de cultures plus que milieux ; prévention de la pollution des sols dans le cadre de la directive 2008/1/CE du 15 janvier 2008 relative à la prévention et à la réduction intégrées de la pollution (puis de la directive 2010/75/UE du 24 novembre 2010 relative aux émissions industrielles, qui est venue remplacer et a donné pour la première fois une définition du sol) ou de la directive 2008/98/CE du 19 novembre 2008 relative aux déchets. Il faut attendre le sixième programme d'action communautaire pour l'environnement pour que soit initiée une « Stratégie thématique pour la protection des sols ». Cette stratégie 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 réalisés dans certains domaines de la protection des sols en les soutenant dans le cadre de programmes de recherche communautaires et nationaux et en sensibilisant et en informant le public sur la nécessité de protéger les sols. Sur ce fondement, la Commission européenne a élaboré une proposition de directive visant à définir un cadre pour la protection des sols (proposition du 22 septembre 2006, modifiant la directive 2004/35/CE [COM (2006) 232]), qui ambitionnait de protéger les sols par une utilisation dite « durable », par la prévention de toute nouvelle dégradation, la préservation de ses fonctions et la restauration des sols dégradés. Délitée par le Parlement de l'Union européenne, son examen a d'abord été suspendu, officiellement, pour des questions de subsidiarité, de coûts excessifs et de charges administratives. Sans doute faut-il également y voir les effets d'un actif *lobbying* des agriculteurs et des industriels et, plus largement, de tous les acteurs justifiant d'intérêts économiques en lien avec les sols, et soucieux, à ce titre, de ne pas laisser se développer une réglementation qui les rendrait responsables de tous les maux qui les affectent : pollutions de toutes natures, perte de disponibilité (érosion, imperméabilisation), perte de biodiversité. Il faut sans doute y voir aussi les effets d'un attachement inconscient des États membres à un élément qui constitue le support matériel de leur territoire, États qui sont donc peu enclins à laisser à un tiers le soin d'en réglementer l'utilisation, souveraineté oblige. Ce projet a finalement, comme d'autres, été abandonné du fait de son inscription dans la décision du 21 mai 2014 portant « Retrait de propositions de la Commission qui ne revêtent plus un caractère d'actualité ». La Commission a donc dû changer de stratégie, se repositionnant en faveur d'un « saupoudrage » de mesures, faute de pouvoir développer une politique-cadre globale, se raccrochant notamment à ses « Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols » du 15 mai 2012. L'échec de l'initiative citoyenne européenne People4soil de septembre 2017 lui

demandant d'introduire un cadre commun pour la protection des sols ne lui a pas laissé d'autres perspectives de repli, faute d'un soutien institutionnel.

## Le principe d'économie des sols

Si elles n'ont aucune valeur juridique, ces « Lignes directrices » mettent cependant en évidence la difficulté qui affecte toute velléité de gestion des sols : le nécessaire « arbitrage entre divers besoins sociaux, économiques et environnementaux » (logement, infrastructures de transport, production d'énergie, agriculture, environnement naturel...). Le sol, qu'il soit surface ou matière, est un espace de concurrence, il est en effet difficilement partageable entre plusieurs utilisations simultanées qui, *fortiori*, ne sont pas toujours compatibles entre elles. Certaines d'entre elles peuvent cristalliser un usage au détriment des autres et lui porter irréversiblement atteinte, à travers son imperméabilisation (recouvrement permanent du sol par un matériau artificiel imperméable, tel que l'asphalte ou le béton), son artificialisation (expansion des villes et des infrastructures au détriment des terres agricoles, des forêts ou des espaces naturels) ou encore un usage délétère (pollution ou, plus largement, destruction de ses services écosystémiques). Cette concurrence, qui obère la disponibilité de certaines de ses qualités, nécessite donc de faire des choix. Les conséquences de la prééminence d'un usage sur un autre imposent ainsi la recherche d'équilibres, et partant, des arbitrages entre usages. La disponibilité du sol naturel, dans cette perspective, constitue ainsi une de ses qualités, qu'il convient de préserver autant que faire se peut. Le droit français a très tôt perçu ce nécessaire équilibre, dont le Code de l'urbanisme s'est fait l'écho, en posant initialement le principe selon lequel les collectivités publiques doivent harmoniser leurs prévisions et leurs décisions d'utilisation de l'espace afin de « gérer le sol de façon économe » (C. urb., art. L. 110 ancien). Ce principe a été reformulé en occultant le « sol », tout en mettant en évidence une des réalités de l'étalement urbain : l'action des collectivités publiques en matière d'urbanisme vise ainsi à atteindre l'objectif de l'équilibre entre « une utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières et la protection des sites, des milieux et paysages naturels » (art. L. 101-2). Cette élévation au rang de principe général d'une disposition propre aux documents d'urbanisme n'a pas qu'un caractère proclamatoire : pour le Conseil constitutionnel, « ces dispositions doivent être interprétées comme imposant seulement aux auteurs des documents d'urbanisme d'y faire figurer des mesures tendant à la réalisation des objectifs qu'elles énoncent ; qu'en conséquence, il appartiendra au juge administratif d'exercer un simple contrôle de compatibilité entre les règles fixées par lesdits documents et les dispositions précitées de l'article L. 121-1 » (Cons. Constit., déc. n°2000-436 DC du 7 décembre 2000 – Loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains). « Simple contrôle » du juge, peut-être, mais obligation de non-contrariété tout de même. Lorsque les communes ou les intercommunalités ne disposent pas d'un plan local d'urbanisme (PLU) (ou autre document d'urbanisme en te-



Photo © H. Rigel/BIOSPHOTO

Viabilisation d'un terrain pour la construction d'un lotissement en Moselle.

« Le sol, qu'il soit surface ou matière, est un espace de concurrence, il est en effet difficilement partageable entre plusieurs utilisations simultanées qui, *a fortiori*, ne sont pas toujours compatibles entre elles. »

nant lieu) ou d'une carte communale, « les constructions ne peuvent être autorisées que dans les parties urbanisées de la commune » (art. L. 111-3), ce qui évite le mitage et l'urbanisation en « tâche d'huile », permettant ainsi, à quelques exceptions près (art. L. 111-4), de libérer de la pression urbaine des terres à vocation agricole ainsi que des espaces naturels. La lutte contre l'artificialisation des sols est sous-jacente, elle ne revêt donc pas un caractère explicite.

### La protection d'espaces particuliers

Certains espaces ont très tôt bénéficié de protections particulières : en zone de montagne (1985), il s'agit de préserver les terres « nécessaires au maintien et au développement des activités agricoles, pastorales et forestières » (art. L. 122-10). Ce dispositif a été transposé aux communes littorales (1986), dès lors que « pour déterminer la capacité d'accueil des espaces urbanisés ou à urbaniser, les documents d'urbanisme doivent tenir compte (...) de la protection des espaces nécessaires au maintien ou au développement des activités agricoles, pastorales, forestières et maritimes » (art. L. 121-21, 2). En dépit du credo « Reconstruire la ville sur la ville » de la loi « Solidarité et renouvellement urbains » du 13 décembre 2000, les dispositions visant à prévenir l'étalement urbain sont en concurrence avec celles qui doivent

permettre l'occupation des sols, lesquelles sont mues par d'autres impératifs, dès lors qu'il faut assurer « la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs de l'ensemble des modes d'habitat, d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général, ainsi que d'équipements publics et d'équipement commercial » (art. L. 101-2). En tant que réserve foncière, les sols agricoles ne sont protégés que par des dispositions « de papier » en raison du faible succès qu'elles ont rencontré (« zones agricoles protégées », qui limitent de façon relative tout changement d'affectation ou de mode d'occupation des sols qui en altère durablement le potentiel agronomique, biologique ou économique ; « périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains », dont la vocation est, sous l'égide du département, de pérenniser les activités agricoles). Ou par des institutions consultatives qui, pour l'essentiel, n'émettent que des avis simples, même si leur dénomination est illustrative de préoccupations évolutives, à l'instar des « commissions départementales de la consommation des espaces agricoles » de la loi du 27 juillet 2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche (commissions consultées sur les questions relatives à la « régression » des surfaces agricoles), avant que celles-ci ne soient remplacées par les « commissions départementales de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers » de la loi du 13 octobre 2014 d'avenir pour

l'agriculture, l'agroalimentaire et la forêt (qui sont consultées sur la « réduction » des surfaces naturelles, forestières et à vocation ou à usage agricole). Enfin, l'intervention des SAFER, si elle permet de soustraire les surfaces naturelles et agricoles à la spéculation foncière ou à un usage différent de leur vocation initiale, reste limitée à des procédures de maîtrise foncière impliquant une cession des terrains considérés. En outre, son avis n'est pas requis lorsqu'un changement d'usage est prévu par un document d'urbanisme : cette fonction consultative est dévolue, dans ce cadre, aux chambres d'agriculture.

## La planification de l'occupation des sols

Le schéma de cohérence territoriale (SCOT) et le PLU, pour l'essentiel, vont être mobilisés par la loi « Grenelle 2 » du 12 juillet 2010. Le rapport de présentation du SCOT doit ainsi présenter « une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers » « au cours des dix années précédant l'approbation du schéma et justifier les objectifs chiffrés de limitation de cette consommation compris dans le document d'orientation et d'objectifs » (SCOT), tandis que celui du PLU doit justifier son projet d'aménagement et de développement durables « au regard des objectifs de consommation de l'espace fixés, le cas échéant, par le SCOT ». Ce diagnostic établi, ces documents d'urbanisme doivent ensuite fixer, pour le SCOT, des « objectifs chiffrés de consommation économe de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain, qui peuvent être ventilés par secteur géographique » et, pour le PLU, « des objectifs de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain ». Il faudra cependant attendre la loi du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (loi ALUR) pour qu'un chapitre spécifique soit consacré à la « Lutte contre l'étalement urbain et la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers », première expression légale explicite de cette préoccupation du sort réservé aux sols. La loi tente de gommer les dispositions qui s'opposaient à la densification (surface minimale de terrain, qui gelait la constructibilité des parcelles *intra muros* ; coefficient d'occupation des sols, qui subordonnait la capacité de construire à la surface du terrain) et impose une réflexion sur l'artificialisation des sols par un jeu obligé d'analyse des potentialités de densification des espaces bâtis et de mutation de leurs usages. Ou celles qui, au contraire, favorisaient l'étalement urbain : dans certains secteurs (zones à urbaniser « AU » délimitées après le 1<sup>er</sup> juillet 2002, zones naturelles et forestières « N » ou agricoles « A » dans les communes couvertes par un PLU et secteurs non constructibles des cartes communales), l'ouverture à l'urbanisation est conditionnée par l'existence d'un SCOT ou document assimilé permettant d'engager une réflexion intercommunale globale sur l'utilisation des sols et la détermination de la répartition des « charges » foncières entre les communes. Pour contenir la tentation d'une urbanisation « en tâche d'huile » qui conduirait à délaissier les capacités de densification existantes dans les parties agglomérées de la commune, le PLU doit faire l'objet d'une procédure de révision lorsque la commune

envisage d'« ouvrir à l'urbanisation une zone à urbaniser qui, dans les neuf ans suivant sa création, n'a pas été ouverte à l'urbanisation ou n'a pas fait l'objet d'acquisitions foncières (publiques) significatives ». Une délibération motivée est imposée pour ouvrir une zone à l'urbanisation, « au regard des capacités d'urbanisation encore inexploitées dans les zones déjà urbanisées et la faisabilité opérationnelle d'un projet dans ces zones ». Le PLU peut également fixer des règles imposant « 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 » (coefficient de biotope).

## La promotion d'un principe de neutralité<sup>(1)</sup>

Il reste encore, certainement, à mener une véritable réflexion sur l'occupation des sols en termes de nécessités comme de modalités. Même si l'on perçoit certains frémissements dans la jurisprudence, notamment lorsqu'elle annule pour erreur manifeste d'appréciation une affectation des sols non cohérente avec certaines de leurs qualités, la définition d'indices de qualité des sols, qui conditionneraient leur affectation, reste pour le moment théorique et expérimentale. La « neutralité en matière de dégradation des terres » devrait, de son côté, constituer un principe directeur du droit de l'occupation des sols, comme l'est désormais le « *no net loss* » (absence de perte nette) s'agissant de la biodiversité dans le cadre des procédures d'évaluation environnementale et d'autorisation de certains projets. L'évaluation environnementale des documents d'urbanisme comme celle des projets d'ouvrages ou d'aménagements n'imposent cependant pas une telle obligation de neutralité, même quantitative, au titre des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation, mesures qui pourraient pourtant inciter à opter pour le recyclage foncier et limiteraient ainsi la consommation des sols.

## La communautarisation de certains services rendus par les sols

Une autre voie de protection des sols mériterait d'être explorée, celle qui est fondée sur les services écosystémiques qu'ils rendent : il s'agit principalement de la production d'aliments et de biomasse ; des stockage, filtrage et transformation d'éléments nutritifs, de substances et de l'eau, réalimentation des masses d'eaux souterraines ; du milieu propice à la vie et à la biodiversité, notamment du point de vue des habitats, des espèces et des gènes ; de réservoir de carbone... Le sol est approprié, appartient toujours à quelqu'un, et la remise en cause de ce statut paraît peu envisageable. En revanche, l'importance

(1) *Les incitations fiscales : si la fiscalité fait bien partie des instruments régulateurs de l'artificialisation des sols, elle n'est pas traitée dans cet article, dès lors qu'elle est abordée de façon approfondie dans l'article de Guillaume Sainteny publié dans ce numéro de Responsabilité & Environnement.*

des services qu'il rend, leur caractère d'intérêt général, invitent à s'interroger sur l'effective consubstantialité juridique qui existerait entre propriété et services. Autrement dit, serait-il envisageable de détacher cette capacité de services de la propriété du sol ? Si le sol appartient de façon indiscutable à son propriétaire, sa capacité de services appartiendrait, dans cette perspective, à la collectivité : elle pourrait donc être communautarisée à l'instar du régime juridique applicable aux monuments historiques, en vertu duquel le bâtiment appartient à son propriétaire, mais son historicité à la collectivité, justifiant ainsi des contraintes pesant sur l'usage dudit bien. Cette approche permettrait de fonder l'intervention de l'État dans le but de préserver cette capacité de services, soit de façon contraignante (en imposant des servitudes, à l'instar du

régime des périmètres de protection des captages qui permet de pérenniser la capacité de filtration du sol et le service de fourniture d'eau potable), soit de façon incitative (réduction de certaines activités délétères pour le sol, en contrepartie de l'octroi d'une indemnisation (contrainte) ou d'une « rémunération » (subvention...)). Une orientation de l'action des pouvoirs publics en faveur de services environnementaux dispensés par l'homme selon plusieurs modalités permettrait de préserver la production de services écosystémiques par les sols et de garantir leur durabilité. Il s'agirait là, en tout cas, d'une autre façon de faire prendre conscience à tout un chacun de la fragilité du sol et de la nécessité de disposer d'instruments de protection effectifs, en conciliant tout à la fois respect de la propriété privée et intérêt général.

# Orientations et outils de gestion de la consommation d'espace au plan national

Par **Laetitia CONREAUX-MANTZIARAS**

Architecte urbaniste de l'État, cheffe du bureau de la Planification urbaine et rurale et du Cadre de vie/QV3, direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages, ministère de la Cohésion des Territoires et **Hélène FAUCHER**

Cheffe de projet Planification urbaine et rurale, direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, ministère de la Cohésion des Territoires

La direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) du ministère de la Cohésion des Territoires assure, depuis presque vingt ans, le portage des politiques publiques visant à limiter l'artificialisation des sols. Elle accompagne les collectivités dans l'amélioration de la gestion de leurs sols et de leur foncier au travers de la montée en qualité de leurs documents d'urbanisme et d'une intégration renforcée des préoccupations environnementales dans leurs politiques d'aménagement. D'autres politiques, portées par différents ministères, participent également à la réduction de l'étalement urbain, par exemple en incitant, au moyen de mesures fiscales, à la construction dans des zones déjà urbanisées ou en valorisant les projets agricoles (elles ne seront pas abordées dans cet article consacré à l'urbanisme).

Résultant d'une prise de conscience collective et progressive, la préservation des terres non artificialisées constitue l'un des enjeux majeurs de l'amélioration de la qualité du cadre de vie de nos territoires.

La quête d'une ville durable s'est imposée à l'aménagement contemporain comme une priorité. Elle se traduit par une nouvelle façon de concevoir, de construire et de gérer la ville, et ce à toutes les échelles. Ses objectifs sont, d'une part, de lutter contre l'artificialisation des sols en limitant les besoins d'extension par une recherche de compacité des espaces de vie (des logements à proximité des services et des équipements) et, d'autre part, d'économiser l'énergie et les ressources naturelles pour limiter les vulnérabilités sociales et environnementales.

Les politiques publiques en matière d'urbanisme sont empreintes d'objectifs environnementaux, et ce depuis les années 2000 avec la loi SRU <sup>(1)</sup>, une orientation confortée par les lois Grenelle <sup>(2)</sup> et ALUR <sup>(3)</sup>. Ces politiques ont toutes mis l'accent sur l'importance de la préservation des sols ; en ce sens, elles visent à favoriser un urbanisme économe en ressources foncières en privilégiant la densification dans les zones déjà urbanisées.

L'État poursuit donc des objectifs ambitieux en matière de construction de logements pour pouvoir répondre au dynamisme démographique et à des besoins non satisfaits,

tout en renforçant sa politique environnementale pour des constructions plus nombreuses et de meilleure qualité.

## Les principes et orientations adoptés en matière de gestion de l'espace

Une des évolutions majeures que connaîtra la planification au XXI<sup>e</sup> siècle est sans doute son adaptation aux enjeux environnementaux, avec notamment la préservation des emprises naturelles ou cultivées, de la biodiversité et du cycle de l'eau. Elle implique un rétablissement de la ville en tant que modèle d'urbanité durable, une valorisation de sa capacité à évoluer à l'intérieur même de son périmètre. Cette évolution doit permettre de conserver ou de réintroduire la nature et la biodiversité en ville et de réduire la place que la voiture y occupe.

(1) Loi n°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains.

(2) Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement et loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement.

(3) Loi n°2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové.

Les principes généraux de la réglementation de l'urbanisme intègrent ces objectifs et incitent les collectivités à un développement équilibré qui privilégie « une utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières et la protection des sites, des milieux et paysages naturels »<sup>(4)</sup>.

Ils visent également « la protection des milieux naturels et des paysages, la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du sous-sol, des ressources naturelles, de la biodiversité, des écosystèmes, des espaces verts, ainsi que la création, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques ».

### La régulation par la planification

La France a incité au développement de documents de planification à différentes échelles administratives et géographiques afin de décliner des projets politiques, stratégiques et d'aménagement dans une approche globale des territoires, pour préserver l'environnement et limiter la consommation d'espace.

Ces documents anticipent le développement local au regard des évolutions démographiques et économiques. Ils ciblent les espaces dans lesquels la construction et le développement des projets doivent être privilégiés, en accroissant la densification dans les zones déjà urbanisées, et, lorsque cela est insuffisant, en évaluant parcimonieusement les nouveaux espaces à ouvrir à l'urbanisation.

De nombreux territoires sont aujourd'hui dotés de Schémas de cohérence territoriale (SCOT), lesquels définissent une politique d'aménagement à une échelle supra-communale permettant ainsi de donner une cohérence aux politiques locales et d'éviter que le développement des communes revête un caractère concurrentiel. En ce début d'année, 80 % des communes, représentant 93 % de la population française, étaient couvertes par un SCOT opposable ou en cours d'élaboration.

Le SCOT encadre les extensions péri-urbaines en incitant à rationaliser la consommation des espaces à l'échelle d'un bassin de vie. Renforcé depuis la loi ALUR, il doit analyser les capacités de densification et justifier des objectifs chiffrés de limitation de la consommation d'espace<sup>(5)</sup>.

De leur côté, les plans locaux d'urbanisme (PLU), qui sont porteurs d'un projet d'aménagement local et réglementent l'affectation des sols, poursuivent des objectifs similaires qui s'imposent aux maires pour la délivrance des autorisations d'urbanisme<sup>(6)</sup>.

Le transfert progressif de l'élaboration des documents d'urbanisme de l'échelle communale à l'échelle intercommunale, avec la montée en puissance des PLU intercommunaux (PLUi), favorise une meilleure gestion de l'espace, une mutualisation des besoins et une planification pensée dans une logique de complémentarité entre les territoires et non dans une logique concurrentielle.

Lors de l'élaboration ou la révision de ces documents d'urbanisme, les services de l'État (DDT-M) font connaître leurs attentes aux collectivités au travers des « porter à connaissance », des documents souvent accompagnés

d'une note d'enjeux. Dans des cas assez exceptionnels, la consommation excessive de l'espace ou l'absence de densification de certains secteurs dans les projets de SCOT<sup>(7)</sup> ou de PLU<sup>(8)</sup> obligent l'autorité administrative de l'État compétente à lever le caractère exécutoire du document et à demander à la collectivité de le modifier.

Enfin, un nouvel outil stratégique d'aménagement créé par la loi NOTRe à l'échelle régionale, le SRADDET<sup>(9)</sup>, va doter les nouvelles régions d'un document qui rationalise et coordonne les différentes politiques sectorielles régionales (sur l'intermodalité, les transports, la cohérence écologique, la prévention/gestion des déchets...).

La planification a donc un rôle important à jouer en matière de maîtrise de l'étalement urbain, et ce à toutes les échelles, géographiques comme administratives. Cependant, les collectivités locales privilégient parfois, par opportunité, des projets d'extension urbaine au détriment de la préservation des espaces agricoles et d'une recherche d'insertion de ces projets dans des zones déjà urbanisées.

La nouvelle génération de documents d'urbanisme (en cours d'élaboration) devrait inciter, à l'échelle intercommunale, à la mutualisation des besoins et à une meilleure cohérence en matière d'aménagement, ce qui devrait être plus favorable à la préservation des terres.

Cette lente évolution, en lien avec la temporalité du projet politique, déjà marquée par une décroissance de la consommation annuelle d'espaces, devrait se confirmer dans les années à venir, avec l'application des nouvelles règles d'urbanisme.

### Des règles d'urbanisme à portée environnementale

Le règlement du PLU définit, à l'échelle de la parcelle, les zones constructibles ainsi que l'emprise et la densité des constructions. Outil de planification le plus prescriptif, il est à même de limiter l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols. Il peut, par exemple, définir spatialement le rythme de l'ouverture des nouvelles zones à l'urbanisation, inciter à la construction dans les zones déjà urbanisées par l'extension ou la démolition-reconstruction de constructions existantes et favoriser une approche volumétrique globale (urbanisme de projet).

La loi ALUR a conforté le rôle du PLU avec le développement des trames vertes et bleues au cœur des villes pour y maintenir des continuités écologiques : conséquence immédiate, certains terrains situés en zone urbaine ont été déclarés inconstructibles. Une autre disposition de cette loi permet de définir une part minimale de surfaces non imperméabilisables ou éco-aménageables.

(4) Extrait de l'article L. 101-2 du Code de l'urbanisme.

(5) Article L. 141-6 du Code de l'urbanisme.

(6) Articles L. 151-4 et L. 151-5 du Code de l'urbanisme.

(7) Article L. 143-25 du Code de l'urbanisme.

(8) Article L. 153-25 du Code de l'urbanisme.

(9) Le Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires issu de la loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République (NOTRe).

Ces mesures contribuent à la valorisation des espaces non construits et incitent à repenser les modes de développement urbain au regard de leur impact environnemental.

### Les effets de la modernisation du contenu du PLU

Le rôle du document local d'urbanisme qu'est le PLU a évolué de manière significative ces dernières années, même si son contenu est resté très proche de celui du Plan d'occupation des sols (POS) issu de la loi d'orientation foncière de 1967. Pour concilier, dans le règlement de PLU, l'extension de la ville avec les politiques visant à contenir l'expansion urbaine, un décret d'application de la loi ALUR a complété les outils réglementaires mis à la disposition des collectivités locales dans le cadre de la modernisation du contenu du PLU<sup>(10)</sup>.

Entrée récemment en application, cette réforme instaure de nouveaux dispositifs qui sont encore peu connus aujourd'hui, tels que :

- le coefficient de biotope par surface, qui permet de compenser une densité de construction importante par l'ajout de surfaces végétalisées (toitures ou façades végétalisées, revêtements et aménagements des espaces perméables...);
- des majorations des droits à construire pour les projets les plus vertueux en termes de performance énergétique, de mixité ou portant sur la construction de logements locatifs sociaux;
- des règles minimales d'emprise au sol et de hauteur pour définir des densités minimales de construction.

Par ailleurs, afin de faciliter le recyclage urbain et limiter les extensions en périphérie, des règles adaptées aux constructions existantes peuvent être édictées : il s'agit notamment de la réduction du nombre des places de stationnement en centre-ville, ou encore l'adoption de règles alternatives en matière de volumétrie des constructions pour mieux s'adapter à la spécificité de parcelles soumises à contraintes.

Enfin, cet objectif de réduction de l'imperméabilisation des sols répond à un enjeu de prévention des risques naturels d'inondation. En effet, le règlement du PLU doit limiter l'imperméabilisation des sols pour assurer la maîtrise du débit des eaux pluviales et de ruissellement et en faciliter l'écoulement. Les bassins de stockage, les toitures végétalisées ou le maintien de plaines terres sur une parcelle contribuent également à atteindre cet objectif.

### Les outils d'observation et les commissions mis en place

La DGALN s'appuie sur le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) pour observer la consommation des espaces naturels et agricoles et partager cette vision nationale avec les DREAL (directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement), les DDT (directions départementales des Territoires) et les collectivités. Chaque année, le Cerema exploite les fichiers fonciers (fichiers MAJIC) élaborés par la direction générale des Finances publiques (DGFIP) afin d'avoir une in-

formation précise sur les parcelles privées consommées par des constructions existantes. Toutefois, ces fichiers n'intègrent pas les infrastructures de transport et les équipements non cadastrés (qui relèvent du domaine public).

Ces bases de données sont également utilisées par les agences d'urbanisme ainsi que par les collectivités locales qui en font la demande. Chaque région développe différemment ses outils d'observation en fonction des compétences dont elle dispose et du contexte local.

Ces observatoires régionaux alimentent l'observatoire national qu'est l'OENAF (Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers<sup>(11)</sup>), créé à l'initiative du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation.

Ils apportent un appui méthodologique aux CDPENAF<sup>(12)</sup>, qui analysent tous les projets d'urbanisme impactant les terres agricoles. Elles peuvent être consultées sur toute question relative à la réduction des surfaces naturelles, forestières ou agricoles et sur les moyens d'en limiter la consommation.

Ces instances contribuent à lutter contre l'artificialisation des sols et s'inscrivent dans une logique de développement durable du territoire.

### La valorisation des pratiques vertueuses

La direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN) encourage et valorise les politiques d'aménagement qui déclinent de façon remarquable certains objectifs nationaux afin de permettre un partage de ces pratiques locales exemplaires.

### Les plans locaux d'urbanisme

Pour inciter au développement des PLUi à l'échelle intercommunale, l'État accompagne les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) qui ont décidé de se lancer dans cette démarche en animant le club PLUi et en apportant un soutien financier annuel aux nouvelles initiatives locales. Des fiches et guides méthodologiques sont élaborés à l'attention des élus et techniciens, qui portent notamment sur les problématiques de consommation d'espace.

Quelques collectivités peuvent être citées à titre d'exemples.

La métropole de Bordeaux a adopté une stratégie foncière pour l'élaboration de son PLUi : elle a identifié les secteurs urbains à développer et à densifier en priorité dans l'optique de limiter au minimum l'utilisation de nouvelles

(10) Décret n°2015-1783 relatif à la partie réglementaire du livre I<sup>er</sup> du Code de l'urbanisme et à la modernisation du contenu du plan local d'urbanisme publié au JO du 29 décembre 2015.

(11) Renommé par la loi d'avenir pour l'agriculture et la forêt (LAAAF), publiée le 13 octobre 2014.

(12) Commission départementale de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDPENAF), initialement créée par la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche du 27 juillet 2010 (CDCEA) et renommée par la LAAAF.

terres pour son développement urbain, tout en répondant aux objectifs qu'elle s'est fixés en matière de production de logements.

Dans une tout autre optique, l'agglomération de Rennes, à travers ses « champs urbains », a sanctuarisé certains espaces agricoles situés en limite de sa ceinture urbaine afin de maintenir une proximité entre les activités agricoles et la ville, et, par là même, favoriser les circuits courts.

Au niveau de l'agglomération d'Avignon, l'INRA<sup>(13)</sup> a défini une typologie des modes d'agriculture existants en zone péri-urbaine grâce à un outil de diagnostic qu'il a développé, l'USAP (unités spatiales d'agriculture périurbaine). L'objectif est d'établir un lien entre l'agriculture péri-urbaine et la ville pour valoriser le rôle économique de l'agriculture et son interaction avec la ville.

### Le rôle des acteurs fonciers en matière d'aménagement

Depuis 2009, la démarche ÉcoQuartier a généré une nouvelle façon de concevoir, de construire et de gérer la ville. L'aménagement durable et les enjeux environnementaux et climatiques sont particulièrement pris en compte non seulement dans la conception des projets, mais également dans leur réalisation (eau, biodiversité, énergie, déchets et adaptation aux changements climatiques). Les collectivités qui apportent des réponses pertinentes et contextualisées aux vingt engagements de la démarche ÉcoQuartier obtiennent le label. Après sept années d'expérience, ce sont plus de cinq cents projets qui ont été engagés, dont plus de 75 % dans le cadre d'opérations de renouvellement urbain. Un ÉcoQuartier est donc une opération exemplaire d'aménagement durable, qui répond aux vingt engagements de la charte ÉcoQuartier.

D'autres démarches locales visent également à favoriser la préservation ou la réintroduction de la nature en ville afin de redonner de l'attractivité à des quartiers denses ou dévitalisés ; elles permettent ainsi de réinvestir des surfaces artificialisées ou de valoriser des surfaces non artificialisées afin de leur faire jouer un rôle écologique, voire nourricier.

Enfin, les établissements publics fonciers (EPF), qui accompagnent les collectivités dans la réalisation de projets urbains de grande ampleur, contribuent, à travers le recyclage foncier, à la création d'un nombre maximal de logements et d'emplois en centre urbain (leur mission initiale).

### La dimension paysagère

La démarche paysagère permet d'aborder la question de l'aménagement du territoire de manière qualitative et transversale en valorisant la diversité des fonctions, la spécificité et la richesse des territoires. Elle invite à rechercher une spatialisation raisonnée des fonctions qui soit en étroite symbiose avec le contexte paysager local.

S'agissant de la construction urbaine, l'approche paysagère repose sur un principe simple : prioriser la conception d'un espace public de qualité en portant une ambition allant au-delà de la consommation de l'espace. Les mesures de lutte contre l'étalement urbain sont ainsi plus



Le Nouveau Paris : l'écoquartier Clichy-Batignolles.

Photo © Emilie Luidier/REA

« S'agissant de la construction urbaine, l'approche paysagère repose sur un principe simple : prioriser la conception d'un espace public de qualité en portant une ambition allant au-delà de la consommation de l'espace. »

facilement acceptées, car elles sont associées à la préservation du cadre de vie.

L'approche paysagère poursuivie tout au long de l'élaboration d'un projet de conception d'un espace public permet d'enrichir les documents d'urbanisme associés à chaque étape de leur élaboration : un projet, qui à travers le prisme paysager, prend mieux en compte les perceptions et les usages des habitants ; ce sont là des éléments qui se révèlent bien plus parlants pour les élus.

### Conclusion

La connaissance et l'appropriation de l'artificialisation des sols par les techniciens, les acteurs et décideurs concernés ont fortement évolué ces dernières années : deux pré-

(13) SANZ SANZ E., NAPOLÉONE C. & HUBERT B. (2017), « Caractériser l'agriculture périurbaine pour mieux l'intégrer à la planification urbaine : propositions méthodologiques », *L'Espace géographique*, tome 46 (2), pp. 174-190.

occupations qui trouvent d'ailleurs une meilleure traduction dans les documents d'urbanisme.

Elles restent à être consolidées pour mieux répondre aux attentes et aux usages des citoyens afin de ne pas opposer intensité urbaine et qualité du cadre de vie. Cela implique de valoriser les effets positifs de la densité (aménités, sociabilité, mobilité, accès aux services...) grâce à une sensibilisation des citoyens, et d'en atténuer les effets négatifs (bruit, circulation, pollution) à travers, notamment, la réglementation urbaine.

Enfin, la question se pose d'un renforcement réglementaire de la protection des espaces naturels et agricoles, en s'appuyant sur des exemples de démarches locales ambitieuses et d'outils ayant déjà fait leurs preuves. Il compléterait le cadre existant en faveur de la préservation des sols, qui commence à produire des effets mesurables et dont l'importance est stratégique pour notre résilience.

# Les friches industrielles : une nouvelle ressource secondaire ?

Par Philippe MERLE  
et Jean-Luc PERRIN

Direction générale de la Prévention des risques, ministère de la Transition écologique et solidaire

Polysémique, la notion de friche industrielle est difficile à appréhender : la définir comme un terrain non utilisé ne renseigne en rien sur ses caractéristiques et encore moins sur ses potentialités. Un changement de perspective est nécessaire. Cela passe, tout d'abord, par la reconnaissance du caractère « local » des enjeux des friches industrielles : additionner des superficies au niveau national recouvre des cas trop divers pour permettre une action efficace. Une fois cette optique adoptée, on peut analyser le sujet des friches industrielles suivant une logique qui s'apparente à celle adoptée en matière de traitement des déchets : c'est-à-dire, en premier lieu, éviter à la source la constitution de friches polluées. Éviter de dégrader les sols en respectant un objectif d'usage futur – lequel est désormais défini en amont pour toutes les installations nouvelles – est en effet un des objectifs de la politique d'encadrement des installations industrielles. En deuxième lieu, chercher à en réutiliser la plus grande part possible (éviter de déclarer trop facilement qu'un site est pollué et, de fait, le rendre inapte à tout usage). Et, en troisième lieu, esquisser des pistes de reconversion de ces friches – certaines ont d'ores et déjà été ouvertes par la loi ALUR (Accès au logement et urbanisme rénové) – permettant d'inscrire les terrains à réhabiliter dans une vision d'« économie circulaire » des sols.

Une friche industrielle est souvent vécue comme une fatalité, comme une verrue dans le paysage, qu'il s'agit d'éliminer. Or, se retrouver, après une exploitation industrielle, avec une friche au sens du dictionnaire (« terre dépourvue de culture et abandonnée ») est évitable pour peu que des mesures de précaution aient été effectivement prises. Mais, trop souvent, cet état de terrains laissés à l'abandon se double de pollutions des sols qui en compliquent la réutilisation, et ce, quel que soit l'usage visé (industriel, logement – là notamment où la pression urbaine est forte –, équipement collectif, remise en culture...) : cette situation, qui peut être acceptable là où le foncier est abondant, ne l'est plus là où il est rare.

C'est pourquoi la production de sols pollués doit être limitée (c'est l'un des objets de la politique de prévention des risques technologiques) et leur réutilisation doit être encouragée (c'est l'objet d'une politique raisonnée de gestion des sites potentiellement pollués).

## Les friches industrielles : c'est quoi exactement ?

Il arrive que l'on puisse caractériser un problème en ne citant qu'un seul chiffre : ainsi l'étalement urbain (un fléau contre lequel il faut lutter), c'est l'équivalent des terres

agricoles d'un département français qui est consommé tous les 7 ans...

Pour les friches industrielles, il y a plusieurs chiffres !

Si l'on considérait que toutes les anciennes installations industrielles auraient donné naissance à des friches, il y aurait aujourd'hui en France 300 000 friches industrielles : un chiffre manifestement excessif, car il ne tient pas compte de leur réutilisation ou de leur réhabilitation.

On pourrait alors être tenté de renvoyer au nombre des sites industriels effectivement pollués ou faisant l'objet d'une action de l'administration pour y remédier : on trouve alors le chiffre de 6 700 sites. Ce chiffre-là est en revanche une sous-estimation due à l'« effet lampadaire ».

Il nous faut donc changer de définition... Nous proposons celle-ci : il y a friche lorsqu'aucun acteur n'a la volonté d'établir une adéquation entre l'état d'un sol inutilisé et un usage donné. Trouver un repreneur industriel prêt à acquérir un site dont le sol est dans un état adéquat pour exercer son activité, c'est supprimer une friche. Trouver un aménageur prêt à réduire la pollution d'un terrain jusqu'à un état compatible avec la construction de logements, c'est aussi supprimer une friche (ce qui ne dispense pas d'en conserver la mémoire). L'objet « friche » ne peut donc

être appréhendé indépendamment des volontés et des opportunités locales.

## Réduire les friches à la source

Les nombreux exemples de réhabilitation de sites ayant permis de réutiliser d'anciennes emprises industrielles sont la preuve qu'une bonne gestion des sites associée à des mesures de réhabilitation correctement définies évite, en aval, la situation délicate de la gestion d'une friche.

Des outils réglementaires, comme l'obligation de constituer des garanties financières, constituent un élément de prévention, même si le dispositif sollicité est l'objet de critiques récurrentes et même s'il n'est pas simple de le mobiliser quand on en aura besoin. Mais, assurément, la situation n'est pas pleinement satisfaisante, et la réflexion sur la prévention doit être reprise pour en définir ou en redéfinir les outils les plus efficaces, tout en veillant à ce qu'elle s'intègre dans le cadre européen. En effet, les installations industrielles susceptibles d'avoir les impacts les plus importants sur l'environnement font l'objet d'un encadrement par différentes directives européennes, dont l'un des objets est de prévenir les pollutions industrielles, qu'elles soient chroniques ou accidentelles.

### La directive européenne sur les émissions industrielles

La directive 2010/75/UE relative aux émissions industrielles, appelée directive IED, a pour objectif de parvenir à un niveau élevé de protection de l'environnement grâce à une prévention et à une réduction intégrées de la pollution provenant d'un large éventail d'activités industrielles et agricoles.

Adoptée en 2010 et entrée en application au début de l'année 2013, cette directive réunit, en les faisant évoluer, sept directives préexistantes relatives aux émissions industrielles : une directive transversale, la directive 2008/1/CE, dite « IPPC » (*Integrated Pollution Prevention and Control*), sur le contrôle et la réduction intégrés de la pollution, et six directives sectorielles.

Ce texte renforce les principes de la directive IPPC, en élargit légèrement le champ d'application et introduit de nouvelles dispositions en matière de remise en état des sols. Ses principes directeurs sont :

- la délivrance d'un permis intégré pour les différentes émissions (eau et air, notamment),
- le recours aux meilleures techniques disponibles (MTD) définies dans des documents sectoriels européens appelés « BREF » (*Best References*) pour l'exploitation des activités concernées, qui doivent être au fondement de la définition des valeurs limites d'émission et des autres conditions d'octroi de l'autorisation,
- le réexamen périodique des conditions d'autorisation et la réalisation d'inspections régulières,
- la remise en état du site dans un état au moins équivalent à celui décrit dans un « rapport de base » sur l'état du sol et des eaux souterraines avant la mise en service de l'installation.

Les émissions polluantes se retrouvant tôt ou tard dans les sols ou les eaux souterraines, ce rapport sur l'état des sols permet, au minimum sur le site industriel, d'avoir une idée de l'état de dégradation des sols et de garantir une certaine objectivité sur ce qui peut être imputé à l'exploitant actuel par rapport aux usages antérieurs à son arrivée (ou, le cas échéant, par rapport au terrain « naturel », dont il ne faut pas oublier qu'il peut être chargé en substances nocives).

### La directive 2012/18/UE (dite Seveso 3) sur la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses

Le rejet accidentel, en 1976, de dioxine dans la commune de Seveso (en Italie) et ses conséquences humaines et environnementales (abattage de plus de 80 000 têtes de bétail et la pollution de nombreuses terres agricoles aux alentours) ont incité les États européens à se doter d'une politique commune en matière de prévention des risques industriels majeurs : la directive Seveso en est aujourd'hui à sa troisième version.

On pourrait penser que la démarche d'analyse technique des potentiels de danger (toxiques, explosifs, thermiques) et de prévention à la source des accidents majeurs, qui est au fondement de cette directive, concerne *a priori* assez peu les sols et leur utilisation.

Mais il faut garder à l'esprit que si la survenue d'un épisode accidentel est très rapide et si son impact s'évalue en premier lieu en termes de morts et de blessés, elle est susceptible d'engendrer également des pollutions chroniques, dont la probabilité et la gravité, comme les conséquences aiguës, doivent être limitées au moyen de mesures de maîtrise des risques. Il s'agit, par exemple, d'avoir prévu des cuvettes de rétention suffisamment étanches pour qu'en cas d'écoulement accidentel d'ampleur, la quantité de matériaux à traiter pour éviter une pollution persistante reste gérable.

### La lutte contre le gaspillage d'espaces

La désignation explicite d'un site comme pollué suscite une certaine appréhension. C'est néanmoins une obligation non seulement morale, mais désormais légale d'en garder, de façon aussi fiable et actualisée que possible, la mémoire, pour que les générations futures sachent sur quelles bases elles pourront réutiliser ce site. Le gros effort de recensement des « secteurs d'information sur les sols », un dispositif instauré par la loi ALUR et complémentaire des servitudes d'utilité publique, s'inscrit dans le cadre de cette transparence relevant de l'intérêt général.

Il reste que le statut de friche industrielle suscite des réticences chez la plupart des aménageurs, malgré l'apparition progressive sur le marché de « spécialistes » de leur réhabilitation. La gestion des risques (en fonction de l'usage visé) est la solution pour aller au-delà de cette peur. En effet, une pollution ne crée un risque que s'il y a conjonction entre une source de pollution et des personnes susceptibles d'être mises en contact avec celle-ci par une voie de transfert des pollutions. Une illustration



Photo © François Henry/REA

Grenoble, l'écoquartier de Bonne.

« Les actions de réhabilitation de sites industriels pollués permettent, elles aussi, de concourir à cette densification de l'espace en rétablissant les conditions d'occupation et d'usage d'un site. »

classique est le cas des pollutions au plomb sous une dalle de béton ou dans un parking (hors cas particuliers, comme la présence d'une nappe phréatique affleurante). La possibilité de contact a été exclue par le recouvrement, il n'y a pas de risque, tant que la dalle est maintenue en bon état (il faut donc conserver l'information de ce qu'il y a au-dessous de celle-ci).

Pour éviter le gaspillage de foncier et valoriser au maximum les sites, il convient donc de mettre en œuvre une politique de gestion des risques selon l'usage, tout en étant capable de maintenir la traçabilité permettant de gérer des changements d'usage ultérieurs.

Dans le cas où l'état des sols (et des milieux, de façon générale) n'est pas compatible avec l'usage qui est projeté pour le site, des travaux de remise en état doivent être envisagés. Ces travaux doivent suivre une méthodologie précise qui comporte le recensement des différentes sources de pollution et les risques d'une possible migration. Ensuite, en fonction des techniques disponibles et de leur efficacité, des solutions de gestion peuvent être déterminées. Si des pollutions résiduelles sont encore présentes après ces opérations de réaménagement, la mise en place de servitudes d'utilité publique ou d'un secteur d'information des sols sera nécessaire afin de conserver la mémoire de la présence de cette pollution pour les opérations d'aménagement ultérieures.

Il est également important pour un site industriel de l'occuper au maximum et de ne pas créer de contraintes inutiles. Ainsi, on peut imaginer que lorsque, sur une plateforme industrielle, une parcelle se libère, la réutilisation de celle-ci à des fins industrielles soit facilitée après l'établissement d'un état des lieux des sols et la vérification de la compatibilité des risques accidentels inhérents avec les autres installations présentes à proximité.

On peut à cet égard réfléchir, par exemple, à des ajustements de la circulaire du 25 juin 2013, qui liste 17 plateformes industrielles sur lesquelles les risques accidentels peuvent être considérés de façon globale et non pas installation par installation – moyennant des règles d'acceptation des nouvelles activités industrielles, des mesures de protection des salariés à mettre en place et des modalités de gouvernance collective visant à garantir une coopération entre industriels en matière de sécurité.

### Inclure la réhabilitation des friches dans un projet sociétal plus vaste

Enfin, les actions de réhabilitation de sites industriels pollués permettent, elles aussi, de concourir à cette densification de l'espace en rétablissant les conditions d'occupation et d'usage d'un site. Cette réhabilitation ne doit pas être envisagée par rapport à la seule parcelle concernée, en faisant abstraction de son contexte. Dans beaucoup

de cas, la friche peut constituer un verrou pour un projet immobilier pris dans son ensemble. Il s'agit en fait de trouver une chaîne de valeur incluant la réutilisation de la friche. Lors du plan de relance de 2008-2009, l'Ademe avait réalisé un retour d'expérience qui avait montré un fort effet de levier : sur 157 projets recensés courant 2009, 43 ont fait l'objet d'un financement expérimental de la part de l'Ademe : un soutien de 62 M€ a conduit à l'engagement de travaux d'aménagement de l'ordre de 1,2 milliard d'euros (logement, services et commerces).

Les ressources, désormais budgétaires, de l'Ademe ne permettent plus d'aller au-delà de la simple mise en sécurité des sites. Mais cette expérience a démontré que par la combinaison de terrains à dépolluer et de terrains directement utilisables, il est possible de monter des opérations d'aménagement, qui à la fois soient rentables et concourent à « l'économie circulaire des sols ».

Ainsi, c'est l'ensemble du projet de réutilisation qu'il faut prendre en considération dans la valorisation d'une friche industrielle. La mise en place, dans la loi ALUR, du dispositif tiers demandeur (article L. 512-21 du Code de l'environnement) permet à un aménageur de se substituer à l'ancien exploitant dans la réalisation des travaux de réaménagement. Il doit au préalable avoir obtenu l'accord de l'ancien exploitant, celui du maire de la commune concernée et celui du propriétaire du terrain. Il doit également constituer des garanties financières. Ce dispositif permet de réaliser tout de suite un projet d'ampleur, sans être obligé d'attendre la fin de la remise en état pour un usage industriel pour pouvoir ouvrir, ensuite, un deuxième chantier de travaux permettant le changement d'usage.

Nous avons là une piste, sans doute à parfaire, pour faire sortir les friches industrielles de leur statut de « verrou » et de frein à l'aménagement et pour les inclure dans un ensemble économique et institutionnel plus vaste qui en ferait un atout et dont la dépollution pourrait être financée grâce à la richesse générée par le projet d'ensemble.

Mais un autre frein doit être examiné pour permettre la réutilisation des friches, lorsque des travaux de réhabilitation sont nécessaires : il s'agit des modalités de réutilisation des terres excavées. Les travaux de remise en

état peuvent en effet nécessiter des excavations conséquentes, notamment de terres saines, en fonction de la consistance des projets (si le projet prévoit des installations en sous-sol, par exemple, ou s'il est nécessaire de traiter des sources de pollution).

En application de la note du 25 avril 2017 précisant l'application de la nomenclature des installations classées aux déchets, les terres excavées, qu'elles soient polluées ou non, qui sont évacuées du site dont elles sont extraites ont le statut de déchet. Ainsi, la gestion des terres excavées en dehors de leur site d'origine doit être réalisée conformément à la législation applicable aux déchets, notamment en ce qui concerne les modalités de traçabilité et les responsabilités. Pour rappel, tout producteur de déchets est responsable de la gestion de ses déchets jusqu'à leur élimination ou leur valorisation finale, conformément à l'article L. 541-2 du Code de l'environnement.

Un guide, publié sous le contrôle de l'Inspection des installations classées, sur la valorisation des terres excavées issues de sites et de sols potentiellement pollués dans des projets d'aménagement a été élaboré sous l'égide de la direction générale de la Prévention des risques (DGPR). Il donne des recommandations pour respecter la hiérarchie des modes de gestion des déchets (définie à l'article L. 541-1 du Code de l'environnement), en privilégiant notamment la valorisation au détriment de l'élimination. Il donne aux producteurs et aux utilisateurs de terres excavées des outils leur permettant de participer, par une démarche volontaire, au développement de l'économie circulaire en France.

En conclusion : si les idées fondamentales de prévention à la source, de traçabilité assurée sur le long terme et de traitement proportionné à l'usage sont bel et bien présentes dans la réglementation relative aux sols pollués, nous n'en sommes qu'au début d'une exploitation plus complète de ces idées qui permettent que les aménageurs puissent, en vue de projets industriels ou non, considérer les friches comme une ressource de « surfaces à recycler » plus qu'une source de problèmes que l'on ne pourrait régler que par des subventions.

# Favoriser la réutilisation des friches commerciales

Par Michel VALDIGUIÉ  
et Philippe SCHMIT

Commission nationale d'Aménagement commercial

L'aménagement commercial en France conduit à privilégier le développement en périphérie plutôt que le renforcement des centres urbains. La logique des opérateurs du commerce diffère de celle des investisseurs de l'immobilier commercial. Ce jeu d'acteurs conduit à fragiliser le commerce de proximité et à accroître les mètres carrés accessibles en voiture, dans une logique de captation des flux. D'autres pays et régions d'Europe, notamment la Grande-Bretagne, l'Allemagne et, en Espagne, la Catalogne, pratiquent autrement, privilégiant l'implantation dans des secteurs démographiquement denses. De plus, le droit européen permet, depuis janvier 2018, de prendre en compte non seulement des critères d'aménagement du territoire et d'environnement, mais également de préservation des centres-villes, des critères que mobilise encore trop peu la législation française. Première destination mondiale en matière de tourisme, la France peut-elle durablement fragiliser ses atouts en poursuivant le développement de zones commerciales inesthétiques et la consommation de terres agricoles qui nous fournissent les produits nécessaires à notre alimentation ? Cette question mérite que nous consacrons un débat au modèle de développement du commerce dans le futur.

L'aménagement commercial est souvent considéré comme fortement destructeur d'espaces naturels en raison de sa propension à se développer sur des terrains situés en périphérie (concept de discontinuité urbaine).

## La législation française en matière d'aménagement commercial

Les surfaces commerciales autorisées représentaient, en 2016, 13 %<sup>(1)</sup> de celles ayant donné lieu à l'établissement d'un acte d'urbanisme (hors construction de logements). La législation française a donné aux maires la compétence exclusive d'autoriser l'implantation de magasins ou d'ensembles commerciaux, dont la surface est inférieure à 1 000 m<sup>2</sup>. Lorsqu'elles concernent des surfaces supérieures à ce seuil, les demandes empruntent un double circuit : l'obtention d'une autorisation d'urbanisme (permis de construire) et la délivrance d'un avis conforme d'exploitation commerciale<sup>(2)</sup>. L'avis est formulé par une Commission départementale d'aménagement commerciale (CDAC), qui est composée très majoritairement d'élus. La pratique montre que 88 % des décisions rendues par ces instances sont favorables aux projets envisagés. Un appel peut être formé contre l'avis de la CDAC, il doit être déposé auprès de la Commission nationale d'aménagement

commercial (CNAC), laquelle est composée pour un tiers d'élus, pour un tiers de personnalités qualifiées et pour le tiers restant de représentants des grands corps de l'État.

## Le regard différent porté par d'autres pays européens

Par rapport à ses principaux voisins européens, la France se singularise par un certain équilibre des implantations commerciales entre le centre de la ville et sa périphérie. La Grande-Bretagne a instauré sous la mandature de gouvernements libéraux le *sequential test*. Celui-ci résulte d'une loi nationale visant à donner la priorité à une implantation en centre-ville. L'opérateur doit concevoir son projet en poursuivant cet objectif. À défaut de pouvoir le réaliser, il doit justifier de l'impossibilité d'une telle localisation pour pouvoir présenter un projet en périphérie. Dans les faits, cela conduit à privilégier, dans la plupart des cas, une implantation en cœur d'agglomération.

(1) 5 198 334 m<sup>2</sup> contre 37 868 814 m<sup>2</sup> pour d'autres locaux (équipements publics, entrepôts, restauration, services). Les surfaces consacrées au logement représentaient 37 686 814 m<sup>2</sup> (source Sit@adel).

(2) Depuis la loi pour l'artisanat, le commerce et les très petites entreprises (ACTPE) du 18 juin 2014.

L'Allemagne a également traduit dans sa législation son choix de privilégier la compacité urbaine et l'implantation des commerces en centre-ville, notamment pour les magasins correspondant à des achats fréquents, alimentaires en particulier. La législation admet une localisation des points de vente en périphérie, lorsqu'ils répondent à des achats occasionnels (mobilier ou bricolage).

L'Espagne se caractérise par la grande liberté laissée aux provinces, puisque celles-ci disposent du droit d'adopter des législations locales en matière d'aménagement commercial, ce qui entraîne une disparité dans les situations. La Catalogne a entrepris de réguler fortement les implantations commerciales en cherchant à préserver le commerce de proximité. Un des arrêts de la Cour de justice de l'Union européenne (CJUE) porte sur l'appréciation faite par un juge espagnol de cette législation, qu'il a censurée en raison des restrictions qu'elle apportait au regard du droit de la concurrence. Mais dans sa décision<sup>(3)</sup>, la CJUE a énoncé des notions importantes. Elle précise que « les restrictions à la liberté d'établissement qui sont applicables sans discrimination tenant à la nationalité peuvent être justifiées par des raisons impérieuses d'intérêt général, à condition qu'elles soient propres à garantir la réalisation de l'objectif poursuivi et n'aillent pas au-delà de ce qui est nécessaire pour atteindre cet objectif ». La Cour précise par ailleurs que « parmi les raisons impérieuses reconnues figurent, entre autres, la protection de l'environnement, l'aménagement du territoire ainsi que la protection des consommateurs. En revanche, des objectifs de nature purement économique ne peuvent pas constituer une raison impérieuse d'intérêt général ».

La France a repris dans sa législation les trois critères cités par l'arrêt. Mais elle n'a pas défini de hiérarchie entre eux. Elle n'a pas non plus précisé dans quelles conditions apprécier le contexte local, de sorte qu'un territoire en fort déclin, mais bénéficiant d'une offre commerciale déjà très abondante, devrait répondre du point de vue de la législation aux mêmes critères qu'un territoire connaissant une forte croissance, mais dont l'offre commerciale serait réduite. Les études d'impact environnemental des projets sont rares et, lorsqu'elles existent, elles alimentent rarement le débat sur l'autorisation d'implantation.

Rendu en janvier 2018, un arrêt de la Cour de justice de l'Union européenne constitue l'un des moyens d'encadrer la politique d'aménagement commercial : interprétant le critère de l'environnement urbain, il est venu préciser qu'un document d'urbanisme (dans le cas d'espèce, aux Pays-Bas<sup>(4)</sup>) pouvait inclure des restrictions aux règles d'implantation des commerces si elles sont de nature à « préserver la viabilité du centre-ville de la commune et à éviter l'existence de locaux inoccupés en zone urbaine dans l'intérêt d'un bon aménagement du territoire ».

### Une singularité française qui s'explique par la disponibilité foncière

En France, si les Commissions départementales examinent environ 45 % des autorisations de surfaces commerciales exprimées en mètre carré, il faut rappeler ici que

ce sont les maires qui se prononcent, seuls, pour la majorité des surfaces autorisées (2 869 345 m<sup>2</sup> en 2016 contre 2 328 989 m<sup>2</sup> examinés en CDAC). Toutefois, si l'on tient compte du seuil de 1 000 m<sup>2</sup> au-dessus duquel le projet relève d'une demande d'autorisation formulée auprès de la CDAC, il y a lieu d'examiner la spécificité qui s'attache à ces projets. Sur l'ensemble de ceux ayant fait l'objet d'une saisine de la commission nationale en 2016, 37 % des surfaces soumises à autorisation concernaient des magasins « isolés » et 63 % des ensembles commerciaux.

La formule *no parking, no business* reste la logique qui prévaut chez nombre d'investisseurs et d'enseignes. Pourtant, avec le développement des transports collectifs à proximité des ensembles commerciaux, la capacité d'obtenir une diminution sensible de l'usage de la voiture a été démontrée. C'est ainsi que dans le tramway de Montpellier, des clients d'une enseigne de bricolage transportant planches et éléments de décoration côtoient d'autres voyageurs. David Mangin, lauréat du grand prix d'urbanisme 2008, avait d'ailleurs calculé que les places de parking des centres commerciaux franciliens représentaient à elles seules un million de m<sup>2</sup> qui, la majeure partie du temps, étaient inutilisées. La loi ALUR est venue apporter certaines restrictions à la construction de places de stationnement imperméabilisées, mais les projets d'ensembles commerciaux accessibles à 90 % de leurs clients, sans que ceux-ci aient besoin d'utiliser leur véhicule particulier, restent l'exception.

### Un modèle français qui marque une différence entre investisseurs et commerçants

Les ensembles commerciaux en France ont une particularité. Ils sont souvent nés de l'initiative d'investisseurs qui ne sont pas des commerçants. Les analyses relatives à la rentabilité économique des investissements commerciaux montrent que l'amortissement d'une « boîte à chaussures » est de l'ordre de huit à dix ans. Elle représente donc un investissement particulièrement rentable dans un contexte de marchés marqué par la récession depuis la crise de 2007/2008. L'enseigne commerciale par le paiement d'un loyer permet à l'investisseur de faire face à ses charges. L'immobilier commercial est devenu, tout particulièrement en périphérie des villes, un investissement dont le devenir au-delà de dix ans importe peu à son propriétaire, puisqu'il est amorti. Les commerçants que l'on trouve traditionnellement en centre-ville ne partagent pas la même logique économique. Ils sont en général propriétaires du bien et du fonds de commerce.

Ce jeu d'acteurs a des conséquences importantes sur les pratiques, puisque l'immobilier en périphérie est assurément favorisé par sa « disponibilité » et par son coût réduit. L'investisseur peut ainsi assurer à l'enseigne de

(3) Arrêt du 24 mars 2011. Affaire C-400/08, Commission européenne contre Royaume d'Espagne.

(4) Arrêt Visser de la CJUE du 30 janvier 2018, arrêt de la Grande Chambre, affaires jointes C-360/15 et C-31/16.

vastes parkings, un bâtiment situé à proximité d'importantes voies de circulation, et donc facilement accessible pour les automobilistes.

Cette logique a souvent conduit à la réalisation de zones commerciales peu esthétiques qui se dégradent vite et qui traduisent la « ville franchisée » pour reprendre le titre de l'ouvrage de David Mangin.

Ces logiques qui ont présidé aux implantations commerciales depuis quarante ans, restent vivaces. Toutefois, la crise du commerce en centre-ville oblige à reconsidérer ce modèle. Même si la loi n'établit pas comme critère la vacance commerciale, la Commission nationale d'Aménagement commercial et les Cours administratives d'appel ont pris en compte cet élément pour refuser des projets manifestement très impactants en matière de consommation d'espace et pour les commerces urbains.

### Une tendance récente favorable au recyclage foncier

Il convient par ailleurs de noter une tendance intéressante. En 2012, les extensions d'ensembles commerciaux existants représentaient 25 % des surfaces examinées en CNAC. En 2016, 32 % des projets visaient à un réaménagement d'ensembles commerciaux déjà construits en réduisant leurs réserves, en modernisant leur galerie marchande et en réduisant la place accordée au stationnement. Nous sommes encore très loin du modèle britannique qui prône la reconstruction de la ville sur la ville. Mais une prise de conscience s'affirme, notamment lorsqu'il s'agit d'implanter des petites et moyennes surfaces (inférieures à 2 500 m<sup>2</sup>). Le réemploi de bâtiments bénéficiant d'un bon emplacement devient pour quelques enseignes une pratique qui se développe et qu'il faut sans doute encourager.

Pour réduire sensiblement l'artificialisation des sols et la consommation d'espaces naturels, il faudrait aller plus loin. La distorsion de fiscalité qui existe entre la ville-centre d'une agglomération et ses communes périphériques et la très grande permissivité des documents d'urbanisme en matière d'éparpillement urbain sont des facteurs qui favorisent la poursuite de l'implantation des grands ensembles commerciaux en périphérie. Lorsque les taux de taxes foncières votés par une petite commune de la périphérie peuvent être 4 fois moindres que ceux de la ville-centre, il est facile de comprendre le choix fait par l'investisseur immobilier. La Tascom – la taxe sur les surfaces commerciales de plus de 400 m<sup>2</sup> –, prélevée au profit des collectivités locales, rapporte chaque année un peu moins d'un milliard d'euros. Elle ne prend en compte ni la nature des sols ni leur localisation.

Certaines villes, comme Agen ou Niort, ont décidé de conforter leur centre-ville en traitant l'hyper-centre (piétonisation, reconfiguration des espaces publics, traitement en parallèle de la vacance de logements par des Opérations programmées d'amélioration de l'habitat), elles redonnent ainsi une attractivité à la ville cœur d'agglomération. La forte volonté des élus, traduite dans un SCoT, est essentielle pour freiner les tentations d'extension de

la périphérie, mais elle reste insuffisante pour contrarier des logiques qui, aujourd'hui encore, facilitent l'emploi de terrains naturels bon marché, ne générant aucun frais de dépollution et non sujets à des problèmes de voisinage.

### Une alerte, la vacance commerciale en hausse

La progression de la vacance commerciale au cours des trois dernières années nous alerte sur un double risque : celui d'un effondrement du petit commerce de proximité dans de nombreuses villes et celui de la perte d'équilibre des ensembles commerciaux situés en périphérie, où, en moyenne, plus d'une boutique sur neuf serait inoccupée<sup>(5)</sup>. Un risque d'effet domino est-il à craindre en France ? Il est sans doute difficile à évaluer. Mais il faut observer qu'à ce phénomène vient s'ajouter celui de la vacance constatée dans de nombreuses zones d'activité devenues obsolètes et pour lesquelles les élus peinent à dégager des stratégies. Les grandes enseignes du commerce ont pris le parti d'engager une restructuration de leur appareil commercial, mais elles modernisent leurs magasins en étendant la surface, ce qui a pour conséquence de fragiliser plus encore les autres commerçants.

### Une connaissance des friches à développer

Il n'existe pas aujourd'hui d'observatoire national des friches. La vacance commerciale n'est pas une donnée publique, alors même que les services fiscaux disposent d'informations qui seraient utiles en la matière. La taxe sur les locaux vacants est très rarement utilisée par les collectivités pour favoriser la remise sur le marché de locaux commerciaux vides. La planification est encore insuffisamment mise en œuvre au niveau intercommunal, et lorsqu'elle l'est, elle est souvent peu directive en matière de commerce. Ces facteurs donnent à penser que si la tendance actuellement constatée est un peu contrariée, elle est loin d'être remise en cause. Première destination mondiale en matière de tourisme, la France peut-elle durablement fragiliser ses atouts en poursuivant le développement de zones stéréotypées et la consommation de terres agricoles qui nous fournissent les produits nécessaires à notre alimentation ?

Nos voisins britanniques et allemands affichent de bien meilleurs résultats que nous en matière d'intégration urbaine de leurs ensembles commerciaux ; ils ont inversé la logique en donnant la priorité au centre-ville, là où la densité commerciale est la plus forte. Leur tissu commercial est diversifié, il est en outre facilement accessible ; il réutilise bien souvent des espaces économiques délaissés, contribuant ainsi à la revitalisation de l'espace urbain. Sans constituer pour autant des modèles, ces exemples doivent nous servir à engager un grand débat sur ces questions d'aménagement urbain, plus précisément pour savoir quel type de ville nous voulons pour demain.

(5) Source PROCOS.

# La fiscalité peut-elle contribuer à limiter l'artificialisation des sols ?

Par Guillaume SAINTENY  
GS Conseil

Malgré l'existence de près d'une trentaine de taxes sur l'artificialisation des sols, la fiscalité n'a pas été, jusqu'ici, un outil capable de la limiter.

Une des raisons principales de cette artificialisation tient à la différence de prix existant entre le non bâti urbanisable et le non bâti non urbanisable. Cette différence découle, en partie, de la minoration de la valeur du foncier rural non urbanisable causée par la charge fiscale qui pèse sur lui et les dispositions du Code rural. Une nouvelle taxe sur l'artificialisation, comme évoquée ces derniers temps, ne prendrait pas davantage en compte ce facteur. En outre, elle ne pourrait être ni internalisante ni même suffisamment incitative.

Si l'on souhaite utiliser l'outil fiscal dans un but de modération de l'artificialisation, il apparaît bien plus efficace de recourir aux prélèvements existants en les remodelant en fonction de cet objectif que de créer une nouvelle taxe. Cela peut notamment se faire en modifiant leurs taux, en les modulant sur la base de critères géographiques, en diminuant le nombre des cas d'exonérations ou d'abattements lorsqu'ils sont contraires à l'objectif recherché et en réduisant nettement la taxation du foncier non bâti, de façon à lui permettre de dégager un rendement net positif minimal.

Lorsque l'on évoque l'utilisation de la fiscalité comme instrument de modération de l'artificialisation des sols, la première piste qui vient souvent à l'esprit est la création d'une nouvelle taxe sur ce processus. C'est la solution de facilité des points de vue politique et médiatique. Elle présente deux avantages : la nouvelle taxe serait facilement identifiable et elle procurerait des recettes, lesquelles pourraient être affectées (ou non) à une action publique précise (ou non).

Mais cette solution comporte aussi de nombreux inconvénients. La fiscalité française se caractérise par sa complexité et son instabilité. Créer une nouvelle taxe accroîtrait ces défauts. Sur le plan social, plus un système fiscal est complexe, et moins il est compréhensible par les catégories populaires et moyennes. D'un point de vue économique, les prélèvements obligatoires s'établissent déjà à un niveau très élevé en France, les pouvoirs publics cherchent plutôt à les stabiliser, voire à les diminuer. Le Conseil des prélèvements obligatoires vient de confirmer le fait que la France est le pays d'Europe où l'immobilier est le plus taxé (CPO, 2018). En outre, la multiplicité des formes de taxation d'un même bien induit parfois des effets de sens opposés. Cette situation se constate déjà dans le domaine de l'urbanisme. Surtout, la multiplication des taxes portant sur l'artificialisation des terres ne semble pas être parvenue jusqu'ici à infléchir notablement non seulement son rythme, mais aussi sa localisation géo-

graphique. Il existe déjà près d'une trentaine de taxes en la matière (voir l'Encadré de la page 44). Elles ne sont guère incitatives et ne s'appliquent pas à plusieurs types d'artificialisation. Une nouvelle taxe remédierait-elle à ces défauts ? Cela est peu probable.

Dans les circonstances actuelles, la fiscalité ne semble pas être l'outil capable, à lui seul, de limiter grandement l'artificialisation. Cela tient à la force de deux mécanismes régulateurs du foncier : d'une part, le marché et, notamment, les différences de valorisation, en termes de prix à l'hectare, entre terrain à usage rural et terrain à bâtir, et, d'autre part, la réglementation, notamment le droit de l'urbanisme et le droit rural. Ces deux mécanismes se renforcent l'un l'autre pour accroître la différence de valorisation entre ces types de terrain.

Le classement en zone urbaine (U) ou en zone à urbaniser (AU) d'un terrain lui confère, certes, une valeur nettement plus élevée. Mais, à l'inverse, le Code rural conduit à minorer la valeur des terrains ruraux. Fixés par l'État en dessous de leur valeur de marché, les loyers de fermage français sont très inférieurs à ceux de l'Europe de l'Ouest. En outre, la charge fiscale qui affecte le foncier rural pèse presque entièrement sur le bailleur. La rentabilité nulle du foncier non bâti, sa lourde taxation et des restrictions exorbitantes du droit commun tenant au statut du fermage se conjuguent pour conduire à des

valeurs à l'hectare qui figurent parmi les plus basses de l'Europe occidentale<sup>(1)</sup>.

Faut-il pour autant désespérer de l'outil fiscal dans le domaine de l'artificialisation ? Tel n'est pas notre avis.

La fiscalité de l'urbanisme n'apparaît pas toujours cohérente du fait qu'elle s'est construite par couches successives et pour répondre aux « besoins » apparus au fil du temps : financer les équipements collectifs et procurer des recettes, notamment aux collectivités territoriales. Elle n'a pas été créée dans la perspective de protéger des espaces naturels, ni dans celui de préserver les terrains agricoles. Si l'on souhaite utiliser l'instrument fiscal pour modérer l'artificialisation, il apparaît plus efficace de recourir aux prélèvements existants en les remodelant en fonction de cet objectif que de créer une nouvelle taxe. Cela pourrait notamment se faire en modifiant leurs taux, en les modulant sur la base de critères géographiques, en diminuant les cas d'exonérations ou d'abattements contraires à l'objectif recherché et en réduisant nettement la fiscalité pesant sur le foncier non bâti.

### Prendre davantage en compte la surface artificialisée

Les taux d'un certain nombre de taxes s'appliquent à une valeur forfaitaire. Ce mode de taxation n'incite pas à un usage économe des sols. L'application de taux croissant en fonction de la surface occupée inciterait davantage à économiser l'espace.

Par exemple, la taxe sur les surfaces commerciales (TASCOM) est basée sur le chiffre d'affaires par m<sup>2</sup>. Un taux croissant avec la surface inciterait à une utilisation plus parcimonieuse des terres. De même, la taxe d'aménagement (TA) est fixée, pour certains équipements artificialisants, à des valeurs forfaitaires très basses et ne progressant pas avec la surface artificialisée. C'est le cas, par exemple, des piscines (200 €/m<sup>2</sup>), des panneaux photovoltaïques (10 €/m<sup>2</sup>), etc.

Les redevances domaniales sont calculées en fonction de formules incluant le chiffre d'affaires et la valeur locative. S'agissant souvent d'espaces naturels publics de qualité (domaine public maritime (DPM), domaine public fluvial (DPF), plages, forêts publiques) et si l'on s'inscrit dans l'esprit de l'État exemplaire et du verdissement de la commande publique, l'absence de critère incitant à un usage économe des sols paraît critiquable et témoigne d'un manque d'intégration de l'environnement dans la politique de la domanialité publique. L'inclusion d'une variable faisant croître la redevance plus que proportionnellement à la surface occupée constituerait un signal incitant à une modération de l'artificialisation, qui plus est privative, de terrains publics (Sainteny, 2012).

### Moduler les taxes sur la base de critères géographiques

En matière d'urbanisme, la fiscalité française ne semble pas suffisamment modulée dans l'espace.

La loi de finances rectificative (LFR) pour 2017 a instauré un abattement de 70 % applicable en matière de plus-va-

lue immobilière réalisée sur la vente, dans des zones tendues, de terrains destinés à la construction de logements collectifs correspondant à une surface de plancher au moins égale à 75 % du gabarit autorisé par le PLU. En soumettant l'abattement à une condition de densité, cette mesure est susceptible de modérer l'étalement urbain. Mais les PLU relèvent des communes et des intercommunalités. Beaucoup d'entre elles réservant de larges zones à l'habitat pavillonnaire individuel, la mesure ne pourra sans doute pas s'y appliquer. Pour qu'elle puisse l'être, il faudrait donner aux préfets la capacité temporaire de requalifier certains de ces espaces, par exemple lorsqu'ils occupent une part trop importante des zones constructibles prévues au PLU.

Le taux de la TASCOM ne diffère pas selon le lieu d'implantation des grandes surfaces. Cela favorise leur installation en périphérie, là où le foncier est moins cher. Cela induit une artificialisation additionnelle, puisque l'on ne peut s'y rendre qu'en automobile, ce qui nécessite la construction de nouvelles voiries, de ronds-points, de parkings..., engendrant un accroissement de l'imperméabilisation des sols, de la circulation automobile, des émissions de CO<sub>2</sub>, de celles des polluants de l'air, etc. Ce sont autant d'externalités causées par le choix de localisation des grandes surfaces, qui ne sont pas internalisées dans la taxation appliquée à ces dernières. Il semble pourtant possible de différencier le taux de la TASCOM sur la base d'un critère géographique, en le diminuant notablement pour les implantations intra-urbaines et en l'accroissant nettement pour les installations périurbaines.

Depuis 2012, les communes et intercommunalités peuvent faire varier les taux de la TA d'un secteur à l'autre de leur territoire. Elles peuvent ainsi par l'instauration d'un taux bas favoriser la densification en centre-ville, la reconstruction de la ville sur la ville ou la requalification de friches urbaines, ou, au contraire, pénaliser l'étalement urbain en instaurant un taux plus élevé pour les implantations en périphérie. Cette faculté pourrait être davantage utilisée.

De même, le versement pour sous-densité (VSD), institué en 2012, permet de taxer les nouvelles constructions qui n'atteignent pas un seuil minimal de densité. En renchérissant le coût des constructions peu denses, le VSD apparaît, en théorie, comme un outil idéal pour limiter l'artificialisation des sols. Mais seule une trentaine de communes l'a instauré. La question se pose, dès lors, de savoir s'il convient de le rendre obligatoire dans certains secteurs géographiques (par exemple, en centre-ville ou à proximité des transports collectifs). Une simulation de son

(1) En 2016, le montant moyen des loyers de fermage s'élevait, en France, à 6 000 €/ha – mais seulement à 4 500 €/ha pour les terres louées qui correspondent à la très grosse majorité des terres – contre plus de 12 000 € en Espagne et en Grèce, plus de 21 000 € en Allemagne, au Danemark et en Irlande, plus de 25 000 € au Royaume-Uni, plus de 40 000 € en Italie et 63 000 € aux Pays-Bas (Eurostat, 2018 ; voir aussi CIAIN et al., 2012). En France, ces différents facteurs ont entraîné une baisse importante de la valeur (en euros constants) de l'hectare agricole depuis 1970. Pour avoir la même valeur qu'en 1970 en euros constants, l'hectare de terre agricole devrait valoir aujourd'hui plus de 50 000 € en euros courants et non 6 000 €.

application à l'ensemble de l'Île-de-France suggère qu'il permettrait de diminuer les surfaces urbanisées, tout en augmentant les surfaces de plancher construites (Avner, Vigié et Hallegatte, 2014).

### Réduire les incitations fiscales à l'artificialisation des sols

Une part importante de l'artificialisation des sols résulte directement de l'action de l'État et des collectivités territoriales. Ici aussi les principes de l'État exemplaire, de l'intégration de l'environnement dans les politiques publiques et du verdissement de la commande publique paraissent peu mis en œuvre. Ainsi, la fiscalité applicable au bâti public s'avère des plus légères. Les immeubles bâtis de l'État, des collectivités territoriales ou bien encore des ports autonomes sont exonérés de la taxe sur le foncier bâti (TFB). Les voies publiques n'acquittent ni la TFB ni la TFNB. Les constructions affectées à un service public ou à une activité reconnue d'utilité publique, édifiées par l'État, des collectivités territoriales, des établissements publics, des mutuelles, etc. sont exemptées de TA. Les ports publics et ceux gérés par des sociétés d'économie mixte sont exonérés de cotisation économique territoriale. Ces exonérations conduisent à minorer les coûts de l'artificialisation d'origine publique. Elles n'incitent donc pas les opérateurs publics à un usage économe des sols. L'instauration d'une contribution à caractère incitatif ou d'un système de bonus-malus déterminés en fonction du ratio d'artificialisation de ces constructions pourrait être étudiée. Pour des raisons voisines, la cession au prix symbolique de 1 euro par certaines collectivités territoriales de terrains à des aménageurs peut aussi être critiquée. Elle devrait être mieux encadrée.

De nombreux abattements existent sur des taxes portant sur des surfaces construites ou sur des processus d'artificialisation. Ainsi, les aéroports – nombreux en France – bénéficient pour le calcul de la cotisation foncière des entreprises d'un abattement correspondant au tiers de leur valeur locative. De même, les entrepôts et hangars non ouverts au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale, qui constituent une part importante de l'artificialisation observée au cours des dernières années, bénéficient pour le calcul de la TA d'un abattement de 50 % sur la valeur forfaitaire par m<sup>2</sup> de la surface construite. Les collectivités territoriales peuvent minorer de 50 % la TA applicable aux maisons individuelles en secteur diffus financées à l'aide du prêt à taux zéro (PTZ). Par ailleurs, la différence de valeur forfaitaire utilisée pour le calcul de la TA conduit à ce que les parkings couverts intégrés à une construction soient taxés entre deux et huit fois plus que ceux de surface. Or, si les seconds induisent une artificialisation supplémentaire, ce n'est pas le cas des premiers. De plus, les coûts de construction des premiers sont nettement plus élevés que ceux des seconds. Alors que la fiscalité pourrait corriger partiellement ce biais, elle l'accroît, incitant à l'artificialisation et réduisant les possibilités de densification (Sainteny, 2012).

### Alléger la fiscalité pesante sur le foncier non bâti

Toutefois, aucune des différentes pistes de réforme suggérées ci-dessus ne permettrait d'apporter une réponse à l'une des causes essentielles de l'artificialisation française.

La rentabilité annuelle moyenne avant impôt des classes d'actifs s'ordonne comme suit : actions, environ 7 % ; logement locatif, environ 3 à 4 % ; foncier non bâti, inférieur à 1,5 %. Or, en dépit de loyers de fermage réglementés et d'un rendement du foncier non bâti moitié moindre que celui du logement locatif, ces deux types de bien sont taxés de la même manière. De même, depuis la réforme fiscale de décembre 2017, la classe d'actifs la plus rentable est la moins fiscalisée, alors que la moins rentable est la plus taxée. Ainsi, après impôts, le rendement annuel moyen des actions s'établit à 5 %, tandis que celui du foncier non bâti est nul ou négatif.

En effet, le foncier non bâti est soumis à plusieurs taxes indépendantes des revenus éventuels qu'il génère<sup>(2)</sup>. Ces taxes, à elles seules, rendent systématiquement négatif le rendement annuel après impôts du foncier non bâti non productif de revenu. Outre ces taxes, le foncier non bâti productif de revenus est redevable de prélèvements<sup>(3)</sup>, dont les taux annuels varient entre 31,2 % et 75 % de ses revenus. Les montants résultant de l'application de ces taux ajoutés aux taxes indépendantes du revenu conduisent à un prélèvement global pouvant dépasser 100 % des revenus du foncier non bâti. Même lorsque les taux de taxation appliqués au titre de l'impôt sur le revenu (et des prélèvements sociaux se rattachent aux premières tranches d'imposition (31,2 %, puis 47,2 %), le cumul avec les taxes indépendantes du revenu induit un taux de prélèvement global supérieur à 50 %, ce qui aboutit à un rendement au mieux égal à l'inflation, c'est-à-dire nul, voire négatif en euros constants.

Cette absence de rentabilité du foncier non bâti pousse ses détenteurs à l'artificialiser. De fait, on ne peut guère espérer qu'un agent économique détienne durablement un actif dont le rendement annuel est nul, voire négatif. À moyen terme, il ne peut conserver que les actifs dégageant une rentabilité minimale en euros constants ou procurant un avantage fiscal. Or, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018, non seulement l'avantage fiscal lié au foncier rural a été supprimé, mais de plus sa fiscalité a été accrue. La réforme fiscale intervenue fin 2017 accentue donc nettement la nécessité pour son détenteur d'artificialiser un espace naturel pour retrouver une rentabilité positive.

Pourtant, si la fiscalité ne peut à elle seule permettre d'égaliser les rentabilités annuelles pas plus que les va-

(2) *Taxe sur le foncier non bâti, taxe pour frais de chambres d'agriculture, droits de mutation à titre onéreux et droits annexes, plus-values immobilières, IFI, taxes sur les assurances, etc.*

(3) *Impôt sur le revenu et prélèvements sociaux.*

## Taxes relatives à l'artificialisation et aux terrains urbanisables

Sont indiquées entre parenthèses les dates de création ou de majoration de ces taxes lorsqu'elles sont récentes. On constate que plusieurs sont de création récente ou ont vu leur taux augmenté récemment.

Aucune de ces taxes n'est internalisante.

À l'exception du VSD (facultatif) et, partiellement, de la TA et de la majoration de la TFNB (qui, elles aussi, sont toutes deux facultatives) – soit trois taxes facultatives sur un total de vingt-six –, aucune taxe n'est incitative. Il s'agit de taxes à but de rendement. L'artificialisation est donc considérée comme une base servant d'assiette à des financements d'équipements, à des formalités administratives ou à des recettes générales. L'instauration d'une nouvelle taxe ne serait probablement pas plus incitative. Si elle l'était, elle entrerait en conflit avec les autres taxes, puisqu'un certain nombre de structures, de budgets, d'équipements dépendent de la poursuite de l'artificialisation des sols pour pouvoir être financés. Rendre incitatives certaines des taxes déjà existantes semble davantage pertinent et un peu moins contradictoire.

- Taxe d'aménagement (2012) (rassemblant elle-même plusieurs taxes (taxe locale d'équipement, taxe départementale des conseils d'architecture, d'urbanisme et d'environnement, taxe départementale des espaces naturels sensibles, etc.)
- Redevance d'archéologie préventive (2003)
- Taxe forfaitaire sur les terrains nus devenus constructibles (2007)
- Taxe sur la cession à titre onéreux de terrains nus rendus constructibles (2010)
- Majoration valeur locative Taxe foncier non bâti (terrains urbanisables)
- Taxe de défrichement
- Versement pour sous densité (2012)
- Participation pour le financement de l'assainissement collectif
- Participation spécifique des constructeurs en zone d'aménagement concertée
- Participation spécifique pour la réalisation d'équipements publics exceptionnels
- Prise en charge financière d'équipements dans le cadre des conventions de Projet urbain partenarial
- Taxe fiscale sur assurance construction
- Taxe fiscale sur assurance dommages ouvrages
- Contribution solidarité victimes terrorisme infractions au Fonds de garantie des victimes des actes de terrorisme et d'autres infractions (sur assurance dommages ouvrage) (1986)
- Taxe de publicité foncière
- Contribution de sécurité immobilière
- Droit sur attestation immobilière
- Droits de mutation à titre onéreux (terrains urbanisables) (majorés en 2014)
- Impôt sur plus-values immobilières (terrains urbanisables) (accru en 2011, puis en 2012)
- Prélèvements sociaux sur plus-values immobilières (terrains urbanisables) (accrus en 2011, puis en 2017)
- Contribution exceptionnelle sur les hauts revenus (plus-values immobilières sur les terrains urbanisables) (2011)
- Taxe spéciale d'équipement
- Impôt sur la fortune immobilière (2018)
- 1 % paysage-développement (1989)
- Redevances domaniales
- Taxe générale sur les activités polluantes (granulats) (2000)
- Taxe sur création de locaux à usage de bureaux ou de commerces en IDF (construction)
- Droits de mutation à titre gratuit (terrains urbanisables)
- TVA (sur terrain à bâtir, construction, assurance construction, attestation immobilière, frais de notaire, de géomètre, d'avocat, d'architecte, etc.)

leurs d'actifs des fonciers non bâti et bâti, elle pourrait toutefois faire en sorte que le foncier non bâti dégage un rendement positif après impôts, ne serait-ce que de 1 % en euros constants. Cela permettrait aux agents économiques de ne pas être obligés de se défaire d'un actif affichant systématiquement une perte.

On peut difficilement conserver un cadre réglementaire et fiscal entraînant le rendement nul ou négatif du foncier agricole et le déclin de sa valeur à l'hectare et regretter dans le même temps que ses détenteurs tentent de sortir de cette double spirale déflationniste par la seule voie qui s'offre à eux pour valoriser leur actif aux conditions du marché, après des décennies de pertes et de dépréciation de leur bien, entraînées par le couple « statut du fermage/fiscalité ».

L'artificialisation est en grande partie provoquée par la différence de valorisation existant entre le foncier non bâti urbanisable et le foncier non bâti non urbanisable. Mais cette différence ne découle pas du seul fait de classer un terrain en zone urbanisable. Elle est aussi la conséquence de la minoration-déflation du prix du foncier agricole et de son rendement nul, voire négatif, causés par la charge fiscale qui pèse sur lui et le statut du fermage. Cette réalité, dont il est trop souvent fait abstraction dans les analyses, constitue un facteur propre à la France qui contribue à expliquer une progression de l'artificialisation des

sols plus rapide que dans les pays voisins. Une nouvelle taxe sur l'artificialisation n'apporterait pas de solution à ce problème. L'allègement des charges fiscales et statutaires pesant sur le foncier rural, en permettant de lui conférer un rendement après impôts non nul et de revaloriser sa valeur d'actif, contribuerait davantage à un ralentissement de l'artificialisation des sols.

## Bibliographie

AVNER P., VIGUIÉ V. & HALLEGATTE S. (2014), « Le versement pour sous-densité : analyse d'un outil de densification urbaine et premiers retours d'expériences », *Point Climat*, n°36, mai.

CIAIN P. *et al.* (2012), "Key issues and Developments in Farmland Rental Markets in EU Member States and Candidate Countries", Center for European Policy Studies, Factor Markets, Working Paper, n°13, February.

Conseil des prélèvements obligatoires (2018), « Les prélèvements obligatoires sur le capital des ménages ».

SAINTENY G. (2018), « Les subventions publiques dommageables à la biodiversité », rapport de la Commission du CAS présidée par Guillaume Sainteny, Paris, La Documentation Française, 2012, 414 p. (version en anglais disponible sur Internet).

# Avis du CESE (du 13 mai 2015) : « La bonne gestion des sols agricoles, un enjeu de société »

Par Cécile CLAVEIROLE

Membre du Conseil économique, social et environnemental (CESE) et pilote du réseau Agriculture de France Nature Environnement

2015 ayant été déclarée par la FAO « Année internationale des sols », le Conseil économique, social et environnemental (CESE) s'est saisi de ce sujet, dans son volet agricole.

Troisième assemblée consultative de la République française, composée de représentants de la société civile organisée, le CESE travaille sur les problématiques de notre société, soit par auto-saisine, soit par saisine du gouvernement, ou encore en réponse à des pétitions citoyennes.

La section de l'Agriculture, de la pêche et de l'alimentation du CESE a décidé d'étudier la question de la bonne gestion des sols agricoles, qui concerne toute notre société, à la fois sur le volet quantitatif – consommation de terres agricoles et naturelles, imperméabilisation et artificialisation de celles-ci – et sur le volet qualitatif – fertilité des sols, modes de production de biens alimentaires, préservation de la biodiversité.

Cet avis du CESE, co-rapporté par Agnès Courtoux et Cécile Claveirole, a été adopté par l'assemblée plénière du CESE, réunie le 15 mai 2015 <sup>(1)</sup>.

## Constats et enjeux

Sollicitée par la section précitée, Mme Claire Chenu, professeure de sciences du sol à AgroParisTech, a, d'emblée, montré combien l'appréhension du sol comme une « matière morte » ou un support inerte était éloignée de la réalité. Pour le biologiste, le sol est un milieu extrêmement vivant qui héberge une immense diversité d'espèces. Des bactéries aux vers de terre, en passant par une grande variété de champignons et de protozoaires, de nématodes et d'acariens, ce sont des dizaines de milliards d'organismes qui vivent de la consommation des matières organiques que le sol contient. Le sol est à l'interface entre la biosphère et l'atmosphère et accueille en permanence les flux d'eau, de gaz et de matière. Loin d'être un simple support, il est donc un maillon indispensable au bon fonctionnement des écosystèmes. Au vu du temps qu'a demandé sa formation, le sol n'est pas une ressource renouvelable.

Malgré toutes ses propriétés, le sol ne bénéficie d'aucune protection juridique. La prise de conscience de l'importance des sols pour la vie de l'espèce humaine tarde encore à être concrétisée par des lois, des réglementations et/ou des actes significatifs. Pourtant, de la vie des sols dépend notre alimentation, ainsi que celle de tous les êtres vivants. L'alimentation provient de la culture de végétaux

ou de l'élevage d'animaux, ainsi que des produits issus de la pêche et de l'aquaculture. Or, la contribution des végétaux est essentielle, eux seuls ont la capacité d'utiliser l'énergie solaire pour fabriquer de la matière organique à partir du gaz carbonique qu'ils captent dans l'air, de l'eau et des éléments minéraux qu'ils absorbent dans le sol. Pourtant, les limites des capacités des sols ne sont toujours pas intégrées dans les esprits et les politiques. Des processus comme l'érosion et la perte de fertilité sont à l'œuvre à l'échelle planétaire et affectent les potentialités de production de biomasse. Aujourd'hui, on sait que la protection de la biodiversité et des écosystèmes est favorable à la production agricole. Pour que la production de nourriture – le but premier de l'agriculture – perdure, l'humanité doit prendre pleinement conscience de l'importance prépondérante du bon développement de la vie dans les sols. L'agriculture a besoin des sols, de sols qui soient vivants et biologiquement riches. Ce constat devrait conduire, afin de mieux rendre compte de la multiplicité de ses fonctions et de la complexité de ses interactions avec les autres milieux, à adopter une approche plus globale du sol et à le considérer, au même titre que l'eau et

(1) L'avis complet est téléchargeable en ligne sur le site [www.lecese.fr](http://www.lecese.fr) ([http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2015/2015\\_14\\_gestion\\_sols\\_agricoles.pdf](http://www.lecese.fr/sites/default/files/pdf/Avis/2015/2015_14_gestion_sols_agricoles.pdf)).

l'air, comme un patrimoine commun de l'humanité, dans le respect des droits de propriété ou d'usage.

## Les services écosystémiques rendus par les sols

Ces explications préalables sur la vie dans les sols sont primordiales pour bien comprendre toute l'importance vitale des services rendus par les sols.

Dans le cadre de la mission « Évaluation des écosystèmes pour le millénaire », lancée en 2001 par les Nations Unies, les services rendus par les sols ont été classés en 4 grandes catégories : les services d'auto-entretien ; les services de prélèvement ou d'approvisionnement ; les services de régulation ; et, enfin, les services culturels (les articles composant ce numéro de *Responsabilité & Environnement* ayant traité ces différents thèmes, nous avons fait le choix de ne pas les reprendre ici).

## Les principaux enjeux actuels

Les grands enjeux relatifs aux sols agricoles recouvrent deux dimensions complémentaires : la protection de la destination productrice des sols et le maintien de leur qualité, ces deux volets devant permettre aux sols de jouer pleinement les rôles vitaux évoqués plus haut.

La tendance continue, quoique complexe à mesurer, à la régression des superficies dédiées à l'agriculture confronte notre planète à une équation difficile à résoudre : la progression démographique ainsi que les choix politiques et sociétaux des dernières décennies contribuent à l'accroissement des besoins en termes de logements, d'infrastructures, de zones d'activités économiques, commerciales et de loisirs, d'espaces naturels pour notre ressourcement et, bien sûr, d'alimentation. Or, pour satisfaire ce dernier besoin essentiel, l'agriculture requiert des terres agricoles en quantité suffisante. Il s'agit par conséquent de parvenir à trouver un équilibre entre ces différents usages des sols.

Parallèlement, l'on assiste à l'émergence d'un nouveau processus d'accaparement des terres par des capitaux internationaux. Ce phénomène est encore limité en France, mais il très fréquent en particulier dans les zones les plus fertiles de l'Afrique et dans certains territoires d'Amérique latine (et même dans de nombreux États membres de l'Union européenne).

Le second grand enjeu porte sur la préservation, voire l'amélioration, là où cela est nécessaire, de la qualité des sols, laquelle dépend en grande partie du taux de matière organique et de la présence d'une biodiversité riche et variée. Cet aspect s'avère d'autant plus important qu'il conditionne le maintien des services, notamment écosystémiques, rendus par les sols. Il s'agit ainsi de garantir la fertilité indispensable au maintien de la productivité agricole et d'assurer l'épuration des eaux et la régulation hydrique, de limiter les risques d'érosion et de lutter contre le changement climatique. Il importe également de bien prendre en compte les questions de santé publique, l'état sanitaire de l'alimentation et de l'eau de consommation étant directement tributaire de celui des sols, dont celles-ci sont issues.

## Les préconisations du Conseil économique, social et environnemental

Le CESE, saisi des constats évoqués ci-dessus et des enjeux que présente la préservation des sols agricoles sur le territoire, a émis des préconisations s'articulant autour de quatre axes :

- le renforcement des outils de la connaissance,
- la protection du foncier agricole,
- la préservation et l'amélioration de l'état des sols agricoles,
- la sensibilisation aux enjeux liés aux sols.

Nos propos, ci-après, cibleront certains thèmes particuliers de ces préconisations.

### Développer des outils de connaissance des sols

La valorisation de la connaissance des sols, qui est essentielle dans les choix d'urbanisme comme dans l'orientation donnée à l'usage des sols agricoles, ne peut se réaliser qu'adossée à une cartographie à la fois aboutie et accessible (nous ne développerons pas ici cette préconisation<sup>(2)</sup>).

### Protéger le foncier et utiliser la concertation territoriale comme outil de sa préservation

Depuis un demi-siècle, dans un contexte fortement évolutif, de nombreux textes législatifs et réglementaires ont été successivement élaborés par les pouvoirs publics français tant au niveau national qu'au niveau local (documents d'urbanisme, arrêtés préfectoraux...). Face à la complexité ainsi créée, il serait souhaitable que soient vérifiées la cohérence et l'efficacité de tous ces outils destinés notamment à faire cesser la surconsommation des sols agricoles et à permettre la réalisation de projets co-construits.

Des objectifs précis et chiffrés doivent être définis par l'État quant à l'utilisation, en vue de leur urbanisation, des espaces agricoles, naturels et forestiers. Ces objectifs seraient déclinés à l'échelon territorial le plus pertinent pour tenir compte des spécificités locales, de l'évolution démographique et des besoins qui en découlent (logements, équipements collectifs, commerces, voies de communication, emplois...). Au-delà, il devient plus que nécessaire de redéfinir des clauses de compétence en matière d'urbanisme, au niveau adéquat, c'est-à-dire celui où doivent être décidés des aménagements cohérents et utiles à l'échelle d'un bassin de vie.

Par ailleurs, il est recommandé d'associer les organisations, les structures et les associations citoyennes concernées ainsi que, directement, les populations aux réflexions sur la consommation des terres et sa finalité, afin de mieux prendre en compte l'intelligence collective, *via* la concertation.

(2) Lire l'avis complet sur [www.lecese.fr](http://www.lecese.fr) (voir la note 1). Consulter aussi le travail très intéressant sur l'artificialisation des sols résultant d'une expertise scientifique collective (ESCo) de l'INRA et de l'Ifsttar (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux), travail qui a été présenté en décembre 2017 par l'INRA.



Photo © Stéphane Leitenberger/REA

Formation de ravines dans un champ de blé.

« Il faut garantir la fertilité indispensable au maintien de la productivité agricole et assurer l'épuration des eaux et la régulation hydrique, ce qui permet de limiter les risques d'érosion. »

Un rééquilibrage, notamment fiscal, au profit de l'habitat ancien semble par ailleurs souhaitable. Cette réorientation permettrait de rénover des logements existants et d'économiser du foncier, tout en satisfaisant la forte demande de logements et en répondant à des demandes plurielles émanant des familles (appartement, maison individuelle, habitat permettant l'accès à des espaces verts, jardins ouvriers ou partagés...). La mutualisation des équipements collectifs doit être encouragée.

Préserver les sols agricoles, c'est concevoir globalement une autre politique de l'urbanisme. Aux orientations déjà proposées pourrait être associée une vraie réflexion globale en termes de transports privilégiant les transports publics, notamment une optimisation des lignes ferroviaires existantes, avant de décider de toute création de ligne, notamment si elle s'accompagne d'une forte emprise au sol.

### Soutenir des pratiques agricoles favorables à une bonne qualité biologique des sols

Les matières organiques et l'activité biologique sont intimement liées et ces deux composantes sont au cœur de la qualité des sols.

Toutes les pratiques apportant des matières organiques au sol et rendant celles-ci disponibles pour les micro-organismes en tant que nourriture doivent être favorisées. Cela doit être réalisé à l'échelon des territoires afin de limiter les transports. Augmenter les entrées de matières organiques n'est cependant pas suffisant, il est souhaitable en parallèle d'en limiter les pertes dues à une minéralisation trop rapide. Diminuer l'intensité et la fréquence du travail du sol, optimiser le recours à l'irrigation qui peut provoquer une minéralisation estivale trop rapide, installer des cultures intercalaires, favoriser l'agroforesterie, organiser le compostage de tous les déchets fermentescibles, diminuer la fréquence des cultures qui exportent la plus grande partie de la matière organique, privilégier les cultures adaptées au contexte pédoclimatique et celles qui apportent du carbone au sol, allonger les rotations, sont autant de pratiques agronomiques à encourager, car elles valorisent des gisements potentiels de matières organiques ainsi apportées aux sols, nourrissent la biodiversité qui y vit, augmentent le stockage du carbone et améliorent la structure du sol, notamment en matière de rétention d'eau. L'agroécologie pratiquée par un nombre croissant d'agriculteurs représente une étape supplémentaire dans cette volonté de favoriser les synergies entre l'action anthropique et l'action biologique (mammifères, vers de terre, végétaux, bactéries...). À cet égard, elle permet de réduire l'introduction dans la terre de molécules de synthèse, dont les impacts sanitaires et environnementaux dans la durée sont néfastes ou mal connus.

Pour lutter contre l'érosion des sols et les pollutions diffuses, le maintien des activités biologiques dans les sols et dans les milieux naturels, de manière générale, apparaît indispensable. Constatant la diminution des quantités de matières organiques présentes dans leurs terres et parfois leur dégradation du fait de l'érosion, qui induit une baisse de la fertilité et, à terme, des revenus, et face à l'augmen-

tation du coût des intrants minéraux, un nombre croissant d'agriculteurs revoient leurs pratiques, allongent les périodes de couverture des sols et s'évertuent à régénérer et à protéger leur outil de travail. Ce faisant, ils souhaitent redonner du sens à leur métier et être en phase avec les attentes de la société et avec leur propre vision de l'agriculture. La diversité végétale réintroduite par les haies, les arbres et les plantes de couvert encourage toutes les synergies et les symbioses qui se déroulent dans un sol riche en biodiversité. De plus, ces végétaux sont propices à certains bio-contrôles (par exemple, celui du maintien de la pression des ravageurs des cultures au-dessous du seuil acceptable pour la productivité) et nourrissent les insectes pollinisateurs. Les couverts végétaux, les arbres et les haies limitent l'érosion des sols. Ils présentent un intérêt général significatif en captant du carbone et sont source de productions complémentaires, par exemple le bois-énergie.

Les agriculteurs sont souvent les premiers à être à même d'imaginer les solutions qui conviennent pour assurer la pérennité de leurs sols et donc la viabilité et la pérennité de leurs exploitations. Ils y réussissent d'autant mieux qu'ils échangent sur le sujet et partagent leurs savoirs et leurs expériences. L'implication des agriculteurs dans le processus d'innovation et de recherche doit être encouragée, ainsi que le développement de stratégies d'interaction entre les agriculteurs, les chercheurs et les décideurs. Ces dispositifs doivent, d'une part, bénéficier directement aux agriculteurs qui veulent faire évoluer leurs pratiques et, d'autre part, favoriser un transfert de connaissances, qui est le moteur du développement agricole.

Les principes de base de l'agroécologie, qui favorisent la vie dans les sols, rejoignent les diverses préconisations énumérées plus haut.

### Sensibiliser aux enjeux liés aux sols

Comme le rappelle cet avis du Conseil économique et social européen relatif à l'accaparement des terres, « la terre n'est pas une banale marchandise qu'il est facile de produire en plus grandes quantités ». Face à ces constats de notre méconnaissance des sols, qui sont source de vie, il est important de mener des actions de communication à l'intention du grand public et des élus pour mettre en évidence l'importance de la terre et celle du respect des sols nourriciers qui constituent notre patrimoine commun.

Il serait tout aussi fondamental d'apporter à nos concitoyens, ainsi qu'à tous les acteurs politiques et économiques, une connaissance plus précise des sols. L'importance de leur biologie dans la prévention des phénomènes de catastrophe naturelle, leurs fonctions de filtration, de régulation, d'épuration des eaux, leur rôle clé dans les cycles de l'azote et du carbone ainsi qu'en matière d'atténuation des émissions de CO<sub>2</sub> sont encore très peu connus, alors même qu'ils sont au cœur d'enjeux actuels aussi fondamentaux que la lutte contre le changement climatique, par exemple.

## Conclusion

Cet avis du Conseil économique, social et environnemental français marque une nouvelle étape dans la prise de conscience de la société civile sur le sujet de l'importance à accorder aux sols. Le chemin est encore long pour arriver à ce que les relations entre notre société, la nature (et ses lois) et les agriculteurs pourvoyeurs des produits qui nous nourrissent deviennent sereines et positives. Ce qui est en marche et qui doit absolument être soutenu et

éclairé, c'est la mise en dynamique des différents acteurs autour de la gestion des sols. Il s'agit de développer les interactions entre la recherche et les agriculteurs, entre les paysans et les consommateurs citoyens, entre les élus décideurs et les chercheurs connaisseurs, etc. Notre société se doit de développer les lieux et les moyens du dialogue et de la concertation, pour une gouvernance éclairée de la connaissance des sols et de l'usage qui en est fait, des sols qui sont à la base de toute vie sur Terre.

# La réhabilitation des terres dégradées dans les zones sèches

Par Monique BARBUT

Secrétaire exécutive de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification

Représentant près de 41 % des terres émergées, les zones sèches abritent plus de 2 milliards d'individus souffrant de la dégradation continue des terres, desquelles ils tirent leurs moyens de subsistance. Aujourd'hui, en raison de la désertification et de la sécheresse, près de 12 millions d'hectares de terres arables disparaissent chaque année. Il est donc primordial d'inverser cette tendance liée à une utilisation non durable des terres, à des conditions climatiques défavorables et à la croissance démographique. Dans ce contexte, la neutralité en matière de dégradation des terres constitue le cadre d'action privilégié. Basé sur la réhabilitation des terres dégradées et sur la gestion durable des terres, le mécanisme de neutralité constitue un outil essentiel pour les décideurs responsables de la planification de l'utilisation des terres et le développement de leur territoire. Au-delà de cette neutralité, seule une amplification des bonnes pratiques à grande échelle permettra d'assurer la sécurité alimentaire, hydrique, énergétique et humaine.

## Introduction

Nous sommes à un tournant décisif pour notre avenir et notre bien-être, dans un contexte croissant de dégradation des terres, de perte de biodiversité et d'incertitude climatique. La solution pour inverser ces tendances repose, entre autres, sur la gestion durable des terres (GDT). Aujourd'hui, les terres sont menacées partout dans le monde : 10 à 20 % des zones sèches sont déjà dégradées (Mea, 2005). Près de 12 millions d'hectares de terres arables disparaissent chaque année en raison de la désertification et de la sécheresse (Barbut, 2017). L'utilisation non durable des terres, les conditions climatiques défavorables et la croissance démographique ont conduit à l'érosion de la biodiversité, à une perte de services écosystémiques et à une réduction de la résilience des écosystèmes à la variabilité climatique, augmentant ainsi l'insécurité alimentaire, hydrique et humaine (Yirdaw E. *et al.*, 2017). Par ailleurs, on s'attend à une urbanisation croissante mal maîtrisée et à l'artificialisation concomitante des sols. Quelles qu'en soient les causes, il est indispensable d'inverser la dégradation des terres d'ici à 2030 pour parvenir à un monde neutre en la matière. Dans cet article, nous aborderons les conséquences de l'urbanisation et de l'artificialisation des sols dans les zones sèches, en posant le cadre conceptuel devant guider l'action – celui de la neutralité en matière de dégradation des terres (Orr *et al.*, 2017) et nous proposerons des solutions concrètes pour y parvenir, la réhabilitation des terres constituant une véritable voie d'avenir aux multiples bénéfices.

## L'urbanisation, l'une des causes de la dégradation des terres dans les zones sèches

Lorsque l'on aborde les causes de la dégradation des terres dans les zones sèches, on évoque généralement le surpâturage, les pratiques agricoles intensives, une utilisation inappropriée de l'irrigation... Or, comme partout dans le monde, les zones sèches ne sont pas épargnées par l'étalement urbain et l'artificialisation des sols qui y est associée. Ainsi, en Afrique de l'Ouest, par exemple, l'urbanisation se caractérise par trois formes distinctes d'urbanisation (Alexandre, 2017) :

- l'urbanisation des grandes agglomérations (comme Dakar) qui conduit à une augmentation des superficies imperméabilisées et de sol nu du fait de l'extension du bâti et du réseau viaire aux dépens des surfaces cultivées et des écosystèmes naturels. L'urbanisation spontanée accentue l'érosion des sols et modifie les conditions d'écoulement des eaux de surface ;
- la dissémination périurbaine, sur le littoral en particulier, provoque la disparition de surfaces agricoles, mord sur les écosystèmes lagunaires et entraîne le recul du trait de côte en raison de l'extraction massive de matériaux de construction comme le sable ;
- la forte croissance des villes petites et moyennes.

L'augmentation considérable des consommations alimentaire, hydrique et énergétique accompagne bien évidemment cette urbanisation, engendrant la dégradation des agroécosystèmes autour des villes du fait d'une surexploi-

tation des ressources naturelles (défrichement, coupe de bois, érosion des sols, surpâturage, développement des infrastructures de transport...).

Il en est de même dans les zones côtières méditerranéennes. L'expansion incontrôlée des zones urbaines liée à la croissance de la population, à l'exode rural et au développement du tourisme se fait au détriment des zones agricoles et des terres irriguées, tout en détruisant des écosystèmes littoraux fragiles. L'expansion urbaine menace ainsi le développement rural, qui est déjà confronté à l'érosion des sols (et, dans certains cas, à leur salinisation). Couplé à une forte croissance démographique, ce processus est particulièrement préoccupant sur les rives sud et est de la Méditerranée, menaçant de plus en plus la sécurité alimentaire (Enne, 2002).

L'empreinte écologique des villes s'étend donc bien au-delà de leurs limites territoriales (GLO, 2017) et la part de responsabilité de l'urbanisation dans la dégradation des terres est bien réelle, même si elle reste difficile à quantifier (Alexandre, 2017).

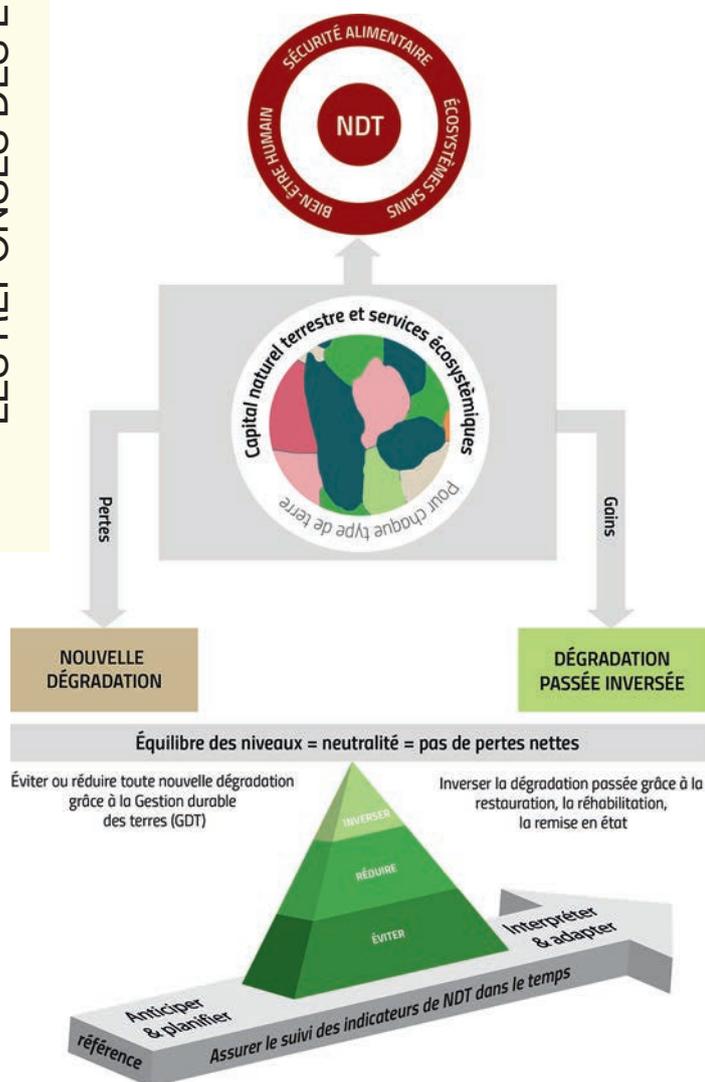


Figure 1 : Les principaux éléments du cadre conceptuel scientifique de la neutralité en matière de dégradation des terres (NDT) et leurs interrelations (Orr et al., 2017).  
Source : CNULCD 2017.

## La neutralité en matière de dégradation des terres : un guide pour l'action

En septembre 2015, les Nations Unies ont adopté les Objectifs de développement durable (ODD), l'objectif 15 étant relatif à la préservation, à la restauration et à l'exploitation durable des écosystèmes terrestres. Cela a alors renforcé l'action de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et celle de ses pays parties autour de la mise en œuvre de la cible 15.3, qui vise à lutter contre la désertification et à restaurer les terres et les sols dégradés afin d'atteindre un monde neutre en matière de dégradation des terres. Institution responsable de veiller, avec ses partenaires, à la mise en œuvre de toutes les mesures nécessaires pour atteindre cette cible, en particulier dans les zones sèches, cette Convention s'est attelée, avec l'appui de son Interface Science-Politique, à définir un cadre conceptuel relatif à la neutralité en matière de dégradation des terres<sup>(1)</sup> (NDT). La NDT vise à maintenir ou à augmenter le stock de capital naturel associé aux ressources terrestres et aux services écosystémiques qui en découlent pour garantir la pérennité de la production alimentaire (CNULCD, 2016). Elle vise aussi à accroître la résilience des terres et celle des populations dépendantes de ces dernières, à rechercher des synergies avec d'autres objectifs sociaux, économiques et environnementaux et, enfin, à renforcer une gouvernance responsable et inclusive des terres (Orr et al., 2017).

Dans la pratique, il s'agit d'éviter ou de réduire, le cas échéant, toute nouvelle dégradation (se traduisant par une perte nette de capital naturel par rapport à un état de référence) grâce à la gestion durable des terres (GDT, action préventive) et d'inverser les dégradations passées grâce à des actions de restauration<sup>(2)</sup> et de réhabilitation<sup>(3)</sup> (action curative) (voir la Figure 1 ci-contre).

Le mécanisme de neutralité constitue donc un outil précieux pour les décideurs responsables de la planification de l'utilisation des terres et du développement de leur territoire, puisqu'il permet qu'aucune perte nette de terres ne soit enregistrée : en effet, les pertes éventuelles doivent être contrebalancées par des gains (au moins) équivalents (voir la Figure 2 de la page suivante).

## La réhabilitation des terres dégradées, une solution d'avenir aux multiples bénéfices

Couvrant près de 41 % de la planète, les zones sèches représentent un potentiel considérable. En restaurant

(1) « L'état dans lequel la quantité et la qualité des ressources en terres nécessaires pour soutenir les fonctions et services écosystémiques et améliorer la sécurité alimentaire restent stables ou augmentent, dans le cadre d'échelles temporelles et spatiales déterminées et d'écosystèmes donnés », décision 3/COP12, CNULCD, 2016.

(2) Processus de soutien à un écosystème ayant subi des dégradations qui vise à en rétablir la structure et les fonctions écologiques préexistantes, notamment son intégrité biotique (Orr et al., 2017).

(3) Mesures visant à restaurer la fonctionnalité des écosystèmes, l'accent étant mis sur les biens et sur les services fournis, plutôt que sur la restauration en elle-même (Orr et al., 2017).

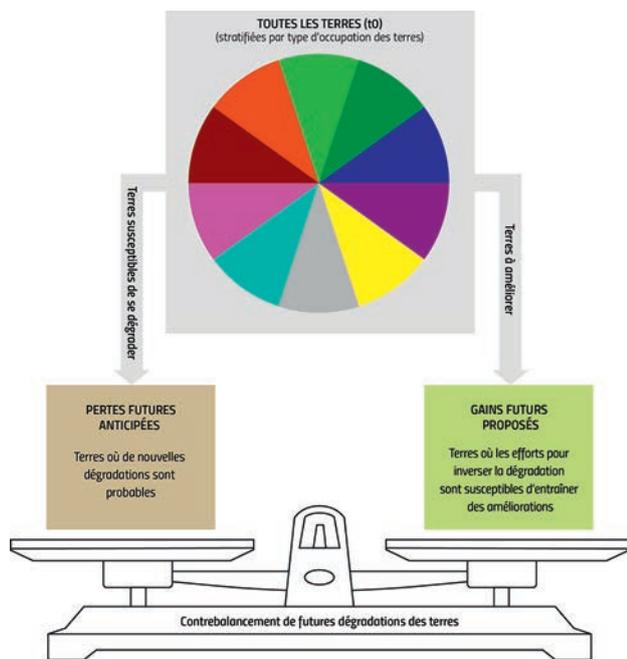


Figure 2 : Le mécanisme de neutralité : il s'agit de contrebalancer des pertes prévues en capital naturel terrestre par des gains, pour le même type d'occupation des terres, *via* des décisions relatives à la gestion et à l'utilisation des terres concernées (Orr *et al.*, 2017).  
Source : CNULCD 2017.

et/ou en réhabilitant, chaque année, 12 millions d'hectares de terres sur les 2 milliards actuellement dégradés, nous pourrons, d'ici à 2030, séquestrer 39 milliards de tonnes de dioxyde de carbone dans les sols et, en parallèle, contribuer à protéger 52 millions d'hectares de forêts.

Que ce soit dans des zones urbaines, périurbaines ou rurales, la réhabilitation des terres dégradées couplée à des pratiques de gestion durable constitue l'une des voies prioritaires d'action, elle représente une véritable « solution naturelle » dont l'efficacité n'est plus à démontrer. Aujourd'hui, pas moins de 250 techniques de réhabilitation et de GDT sont utilisées à travers le monde. Peu coûteuses et rentables, elles permettent d'obtenir d'excellents résultats.

Au Sahel, par exemple, ces techniques consistent en l'aménagement d'impluviums, de barrières antiérosives et en une meilleure gestion de la matière organique, au niveau des parcelles (Subsol, 2017). L'arbre joue aussi un rôle majeur dans les terroirs, permettant la remise en culture de parcelles agricoles et améliorant les parcours.



Photo © Sandrine Jauffret

Photo 1 : Régénération naturelle assistée au Niger, région de Maradi (2009).

Par exemple, plus de 5 millions d'hectares de terres dégradées du Sahel ont été remis en état grâce à la régénération naturelle assistée (voir la Photo 1 ci-après). Celle-ci a permis de produire 500 000 tonnes de céréales de plus par an et une plus grande quantité de fourrage pour alimenter un cheptel accru. À ce jour, cette technique a permis d'améliorer la sécurité alimentaire d'environ 2,5 millions de personnes (CNULCD, 2014 ; CGIAR et CTA, 2013).

Autour des agglomérations, des ceintures vertes ont été mises en place afin de protéger les villes et leurs périphéries de l'ensablement et de l'érosion. Celles-ci ont progressivement évolué, passant d'un objectif strictement dévoué à la protection des agglomérations et des infrastructures publiques à un objectif de production pouvant contribuer à la production agricole et à l'amélioration des revenus (OSS, 2008).

Ainsi, la réhabilitation des terres et les bonnes pratiques de GDT peuvent garantir une meilleure adaptation au changement climatique pour le milliard de personnes les plus défavorisées de nos sociétés et aider à la satisfaction des besoins fondamentaux de tous. Mises en œuvre à grande échelle au travers de projets transformateurs, ces deux mesures complémentaires pourraient permettre de satisfaire la demande en nourriture, en eau et en énergie, et de garantir la stabilité et l'accès à plus d'opportunités pour tous. Elles constituent une solution d'avenir aux multiples bénéfices permettant notamment de préserver et de restaurer la biodiversité, de nous adapter au changement climatique tout en atténuant ses conséquences, de réduire les conflits liés à l'exploitation des ressources naturelles et les migrations forcées, de créer des millions d'emplois verts et d'améliorer la sécurité alimentaire (Barbut et Lhafi, 2016).

## Conclusion

Dans l'urgence d'inverser la dégradation des terres pour répondre à nos besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs, la neutralité en matière de dégradations des terres (NDT) doit guider notre action. Son succès résidera dans une planification de l'utilisation des terres, autant dans les zones urbaines que dans les zones rurales, prenant en compte la nécessité d'aboutir à un monde sans perte nette de capital naturel. C'est l'outil principal pour pouvoir concilier développement économique et développement social de nos sociétés, tout en maintenant l'intégrité de notre capital naturel.

Bien maîtrisées, ce sont les bonnes pratiques de GDT permettant d'éviter et de réduire toute nouvelle dégradation des terres qui doivent être privilégiées. La réhabilitation permettant de récupérer des terres dégradées constitue, elle aussi, une voie d'action importante au regard des étendues à traiter.

Ces efforts doivent aujourd'hui être amplifiés et portés à grande échelle, et tous les acteurs doivent s'engager pour gagner la bataille contre la dégradation des terres, la perte de biodiversité et le changement climatique.

Comme le disait Wangari Maathai : « Plantons des arbres, et les racines de notre avenir s'enfonceront dans le sol et une canopée de l'espoir s'élèvera vers le ciel ».

## La restauration de la qualité des sols agricoles en Afrique : l'agroforesterie par les arbres fertilisants au Togo

Par Bruno DEVRESSE

Directeur exécutif d'APAF-Internationale

L'agroforesterie par les arbres fertilisants est une technique agricole ancestrale que l'ONG APAF (Association pour la promotion des arbres fertilisants, de l'agroforesterie et de la foresterie) a redécouverte au Togo en 1992 et qu'elle a réactualisée avant de la proposer aux paysans.

Au Togo, plus de 6 millions d'arbres fertilisants (A. F.) ont été implantés par l'APAF dans les champs de 30 000 familles paysannes (plus de 45 000 hectares de champs ont été ainsi complantés d'A. F.)

Au Burkina Faso, plus de 500 000 A. F. ont été complantés sur les terres de plus de 2 000 familles paysannes.

Au Sénégal, plus de 400 000 A. F. ont été plantés dans les champs de paysans.

En Côte d'Ivoire et au Cameroun, plusieurs dizaines d'hectares sont déjà complantés d'A. F. et, au Mali, les premiers champs agroforestiers se mettent en place.

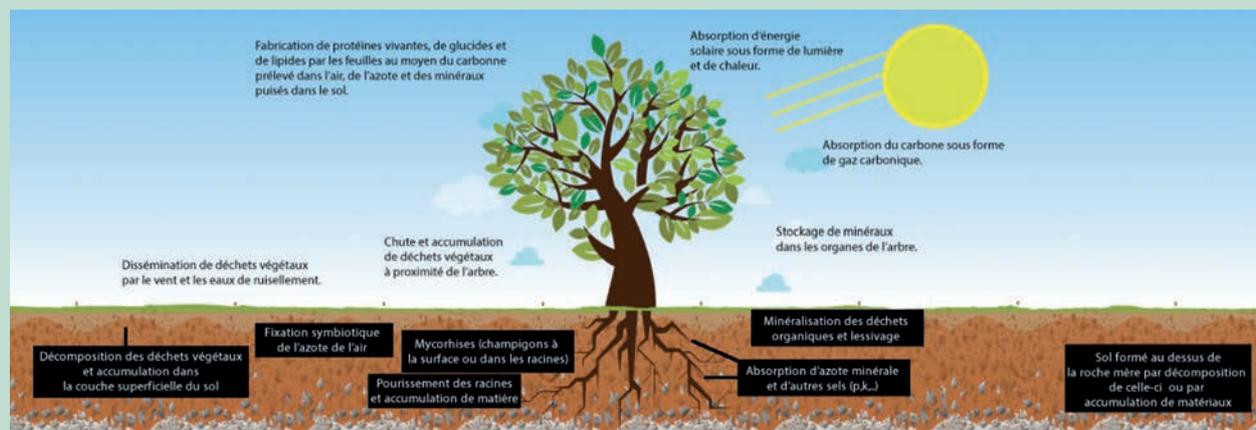
La technique agroforestière, principalement utilisée sur les réalisations de l'APAF, consiste à introduire des arbres fertilisants (de 20 à 100 arbres à l'hectare) dans les champs de paysannes et de paysans. Ceux-ci cultivent en dessous et autour de ces arbres qui ont la particularité d'être conviviaux avec les plantes cultivées. Cette technique permet aux paysans africains de cultiver les mêmes parcelles de terre, année après année, de génération en génération, sans utiliser de coûteux engrais ni pesticides chimiques, et ceci tout en reboisant les terroirs de leurs villages.

La méthodologie d'intervention dans les villages consiste à mettre en pratique une démarche participative et volontaire incluant la formation des paysans aux différentes techniques agroforestières dans leurs champs individuels ou collectifs, dans leurs pépinières ou dans leurs boisements.

« Un arbre fertilisant est un arbre dont l'activité enrichit la couche arable d'une terre, en améliore la texture et en favorise la structuration. Pour exercer efficacement sa fonction dans les champs, il doit être convivial, c'est-à-dire qu'il ne peut entrer en concurrence forte avec les espèces cultivées pour leurs productions domestiques ou marchandes » (Dupriez et De Leener, 1993). Les arbres fertilisants sont principalement issus de la famille des légumineuses, et plus précisément de la sous-famille des Mimosaceae. Ces arbres ont la particularité de vivre une double symbiose avec des micro-organismes, les rhizobiums (qui fixent de l'azote dans le sol) et les mycorhizes (qui naissent de la colonisation par des champignons *mycorhiziens* des racines d'un arbre (ou d'une plante), permettant à celui-ci de mieux absorber l'eau et les minéraux présents dans le sol).

Ces techniques agroforestières vulgarisées par l'APAF inversent le processus de dégradation des terres grâce à la pratique de systèmes d'exploitation économiquement viables et écologiquement stables. On utilise mieux les ressources disponibles (terres, eau, sources d'énergie, matières organiques et minérales...) afin d'assurer un équilibre écologique à long terme des sols fragiles. Il s'agit d'en améliorer la productivité et de garantir ainsi la sécurité alimentaire.

Des analyses des sols des champs agroforestiers APAF ont été réalisées par l'ITRA (Institut togolais de recherche agronomique). Des conclusions de ces analyses, il ressort que « dans les sols sous agroforesterie, les modifications observées dans les propriétés chimiques des sols indiquent une amélioration des niveaux de la matière organique, du carbone, de l'azote, du phosphore, du calcium, du magnésium et du potassium. Ces modifications positives constatées sur les propriétés chimiques des sols sous-systèmes agroforestiers représentent un bon indicateur de l'effet ●●●



●●● environnemental positif pour la mise en œuvre de ce système agroforestier en agriculture. L'ensemble de ces éléments contribue à affirmer que l'agroforesterie par les arbres fertilitaires est un modèle soutenable et généralisable ».

Une analyse diachronique de 2016 montre la pérennité, la diffusion et la popularité de ces techniques au Togo.

<http://ong-apaf.org> - <https://www.facebook.com/ong.apaf>

## Bibliographie

- ALEXANDRE F. (2017), « Les conséquences de l'urbanisation sur la dégradation des terres en Afrique de l'Ouest sahélienne et soudanienne », *Désertification et système terre. De la (re)connaissance à l'action, Revue Liaison Énergie-Francophonie*, n°105, 2<sup>ième</sup> trimestre 2017, pp. 75-78.
- BARBUT M. (2017), « Mot de la Secrétaire exécutive de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification », *Désertification et système terre. De la (re)connaissance à l'action, Revue Liaison Énergie-Francophonie*, n°105, 2<sup>ième</sup> trimestre 2017, pp. 15-16.
- BARBUT M. & LHAFI A. (2016), « La neutralité en matière de dégradation des terres. La solution pour préserver les écosystèmes terrestres ». *Un défi pour la planète. Les Objectifs de développement durable en débat*, chapitre 21, ouvrage collectif, Éditions IRD, Paris, pp. 207-217.
- CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) & Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) (2013), "Climate-smart agriculture. Success Stories from farming communities around the world".
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) (2017), « Regards et perspectives sur les terres du monde », chapitre 12 - Zones sèches, Bonn, Allemagne, CNULCD, première édition, pp. 246-269.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) (2016), rapport de la Conférence des Parties lors de sa douzième session, qui s'est tenue à Ankara du 12 au 23 octobre 2015. 2<sup>nde</sup> partie : Mesures. ICCD/COP(12)/20/Add.1. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Bonn. Voir décision 3/COP.12, page 8 : intégration des objectifs et cibles de développement durable dans la mise en œuvre de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification et le rapport du Groupe de travail intergouvernemental sur la neutralité en matière de dégradation des terres.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD) (2014), *La terre en chiffres. Moyens de subsistance à un point de basculement*, Bonn, Allemagne, CNULCD.
- Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), 2011.
- « Désertification. Une synthèse visuelle », Bonn, Allemagne, CNULCD.
- ENNE G., D'ANGELO M., MADRAU S. & ZUCCA C. (2002), "Urbanization and desertification in European Mediterranean coastal areas: a case study in north-western Sardinia (Alghero, Italy)", *Human Settlement Development, from Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, <http://www.eolss.net>
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) (2005), "Ecosystems and human well-being: desertification synthesis", World Resources Institute, Washington DC.
- OSS/CEN-SAD (2008), "Initiative Grande Muraille Verte du Sahara et du Sahel", note introductive, n°3, OSS, Tunis.
- ORR B. J., COWIE A. L., CASTILLO SANCHEZ V. M., CHASEK P., CROSSMAN N. D., ERLEWEIN A., LOUWAGIE G., MARON M., METTERNICHT G. I., MINELLI S., TENGBERG A. E., WALTER S. & WELTON S. (2017), « Cadre conceptuel scientifique relatif à la neutralité en matière de dégradation des terres », rapport de l'Interface Science-Politique, Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Bonn, Allemagne.
- SUBSOL S. (2017), « Dégradation des terres et sécurité alimentaire. La mise à l'échelle des bonnes pratiques est possible et rentable », *Désertification et système terre. De la (re)connaissance à l'action, Revue Liaison Énergie-Francophonie*, n°105, 2<sup>ième</sup> trimestre 2017, pp. 73-75.
- YIRDAW E., TIGABU M. & MONGE A. (2017), "Rehabilitation of degraded dryland ecosystems – review", *Silva Fennica*, vol. 51, n°1B article id 1673. 32 p., <https://doi.org/10.14214/sf.1673>

# La consommation d'espaces naturels en Île-de-France : bilan, enjeux, outils

Par Martin OMHOVÈRE

Urbaniste diplômé de l'Université Paris 1 et de l'École normale supérieure de Paris, responsable du département Habitat et société de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France

et Martin WOLF

Urbaniste diplômé de Sciences Po Paris, chargé d'études et expert des finances locales à l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France

Région capitale englobant non seulement une métropole de rang mondial, mais aussi de vastes espaces agricoles et naturels, l'Île-de-France connaît de longue date une forte concurrence dans l'utilisation de ses sols. Dotée de compétences spécifiques en matière de planification, la région Île-de-France est en quête permanente d'un cadre équilibré de développement de son territoire, notamment en matière de préservation de ses espaces ouverts. Forte de cette expérience, l'Île-de-France constitue un exemple inspirant des différents outils susceptibles d'être mobilisés en matière de suivi des espaces, d'étude des logiques sous-tendant leur transformation et de politiques visant à maintenir la dynamique des écosystèmes agricoles et naturels.

**B**ien qu'elle comprenne l'unité urbaine de Paris, l'agglomération la plus peuplée de l'Union européenne, l'Île-de-France n'en demeure pas moins très largement périurbaine et rurale. En effet, les espaces naturels, agricoles et forestiers représentent plus des trois quarts de sa superficie totale. Ceux-ci sont néanmoins de plus en plus menacés par le développement urbain. Outre le fait que la Région soit aujourd'hui parvenue à atteindre l'objectif de construire 70 000 logements par an, l'activité économique est elle aussi particulièrement dynamique. Dans les années 2000, près de 10 millions de m<sup>2</sup> de bureaux ont ainsi été construits en Île-de-France, dont 35 % seulement dans le cadre d'opérations de renouvellement urbain.

Ce dynamisme de la construction implique potentiellement une compétition entre l'utilisation du sol à des fins naturelles ou, au contraire, à des fins urbaines. La concurrence pour le contrôle du sol s'établit, en premier lieu, entre urbanisation et préservation des espaces naturels, mais également au sein de ces derniers entre ceux dévolus à l'agriculture, ceux laissés à l'état naturel et ceux correspondant aux forêts. Ce rythme de construction particulièrement élevé pourrait menacer à terme les espaces ruraux, notamment si les nouveaux logements et le développement de l'activité économique reposaient prioritairement sur une extension de la surface bâtie.

## Une consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers encadrée par la planification régionale

En 1982, l'Île-de-France comptait 10 millions d'habitants pour une surface urbanisée d'environ 222 000 hectares (ha). En trente ans, l'étalement urbain a été particulièrement marqué : 51 000 ha ont ainsi été urbanisés, dont 48 000 ha correspondant à de terres agricoles, soit 1 700 ha consommés, en moyenne, chaque année. Au cours de cette même période, la surface urbanisée a été multipliée par 1,23, contre un coefficient multiplicateur de 1,18 pour la population, laquelle s'établit désormais à 12 millions d'habitants. À elles seules, les cinq villes nouvelles (Cergy-Pontoise, Évry, Marne-la-Vallée, Melun-Sénart et Saint-Quentin-en-Yvelines) représentent près de 20 % de la consommation d'espaces ruraux constatée au cours de cette même période. Le développement de l'habitat individuel, qui est passé de 75 000 ha à 95 000 ha entre 1982 et 2012, explique également pour beaucoup cette forte extension de la surface urbanisée. Ce sont ainsi 13 500 ha d'habitat pavillonnaire qui ont été conquis sur les espaces ruraux en trente ans.

Si l'État a grandement œuvré à l'extension de la surface bâtie à travers sa politique des villes nouvelles, les collectivités territoriales ont, à sa suite, elles aussi fortement

contribué à la réduction des espaces aussi bien agricoles, que naturels et forestiers. L'acte I de la décentralisation a en effet ouvert la voie à une plus grande maîtrise du foncier par les maires, notamment au travers du transfert aux communes de larges compétences en matière d'urbanisme, *via* les lois du 7 janvier 1983 et du 18 juillet 1985. Ce sont ainsi 130 municipalités (soit 10 % de l'ensemble des communes) qui ont contribué à la moitié de la croissance des espaces artificialisés au cours de ces trente dernières années.

La consommation d'espaces a été particulièrement rapide de la fin des années 1980 jusqu'à la fin des années 1990. Les années 1990 ont cependant été marquées par un mouvement de recentrage sur le cœur d'agglomération, notamment *via* des opérations de renouvellement urbain.

C'est surtout à partir des années 2000 que la croissance urbaine a ralenti pour se rapprocher de la croissance de la population. Proche de 1 250 ha/an au début de la décennie, elle s'élève à 974 ha/an entre 2003 et 2012. Ce ralentissement est certes dû en partie à la crise économique et à ses effets sur le rythme de construction, mais il résulte également d'une nouvelle philosophie dans la construction et la mise en place de politiques publiques de régulation du marché du foncier.

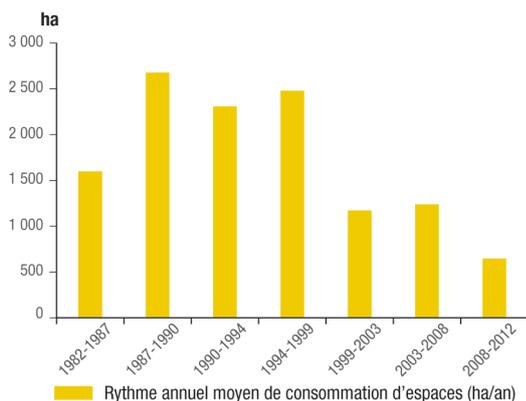


Figure 1 : Consommation annuelle d'espaces naturels, agricoles et forestiers en Île-de-France (1982-2012).

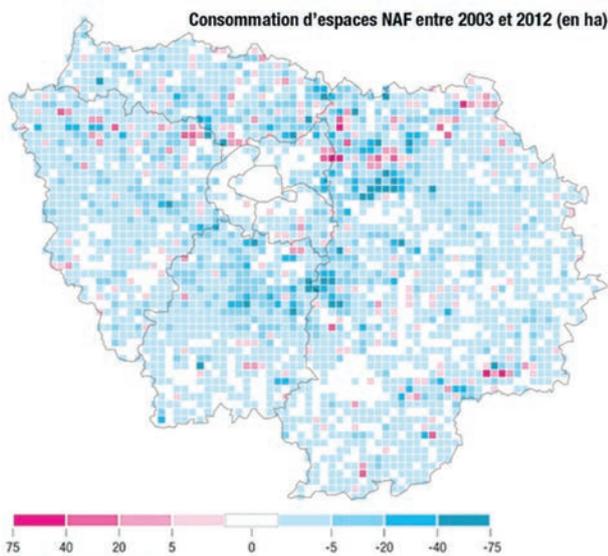


Figure 2 : Localisation de la consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers entre 2003 et 2012.

Le Mos (mode d'occupation du sol) est l'atlas cartographique numérique de l'occupation des sols en Île-de-France. Il est régulièrement actualisé depuis sa première édition, en 1982 ; le millésime 2012 correspond à la huitième mise à jour de cet inventaire.

C'est un outil unique de suivi et d'analyse de l'évolution de l'occupation des sols franciliens. Établi à partir de photos aériennes de l'ensemble de la région Île-de-France, le Mos permet de distinguer les espaces agricoles, naturels et forestiers des espaces urbains (habitat, infrastructures, équipements, activités économiques, etc.). Il repose pour cela sur une classification fine en 81 postes.

À l'échelle du territoire francilien, la consommation foncière ne présente pas d'homogénéité : elle est la plus forte le long des axes routiers, ainsi qu'autour des villes nouvelles et des grands pôles de développement économique. Dans certains secteurs, tels que les vallées et les délaissés de grands chantiers, on observe parfois que des espaces artificialisés (chantiers, carrières, gravières) redeviennent des espaces ouverts, le plus souvent sous la forme d'espaces naturels.

Au cours des années 2000, ce sont les espaces agricoles qui ont le plus souffert de cette consommation effrénée, tandis que les espaces boisés et naturels ont eu, au contraire, tendance à s'étendre. Entre 2003 et 2012, les terres agricoles ont vu leur superficie se réduire de plus de 1 550 ha/an, tandis que les espaces boisés et les es-

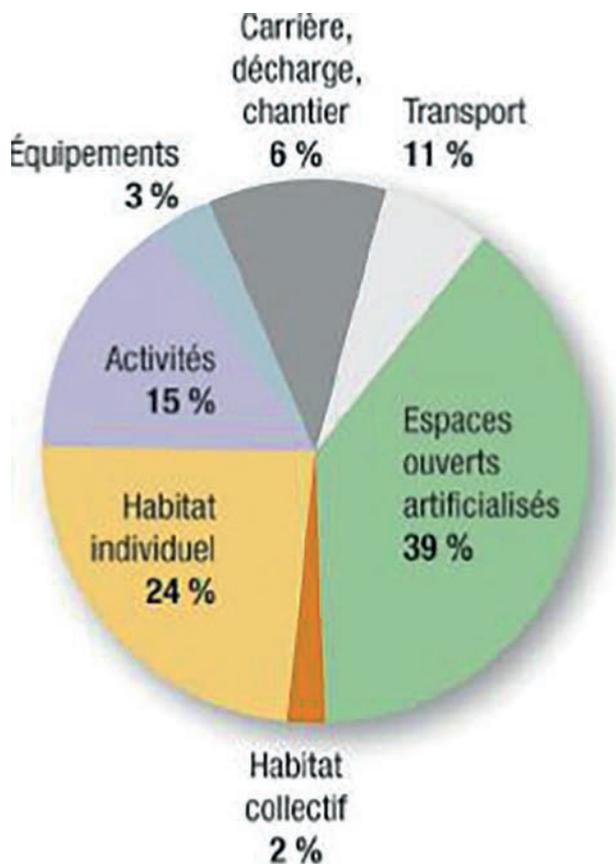


Figure 3 : Que sont devenues les surfaces consommées depuis 1982 ?

paces naturels ont crû respectivement de 13 ha/an et de 566 ha/an.

Si les réponses apportées à l'échelon national au défi que représente cette forte augmentation de la consommation foncière se sont structurées essentiellement autour de la loi SRU de 2000, de celle de modernisation de l'agriculture et de la pêche de 2010 et de la loi Alur de 2014, c'est dès 1994 que la région francilienne a intégré dans son schéma directeur (SDRIF) l'enjeu que représente la maîtrise de la consommation de ses espaces agricoles, naturels et forestiers.

Approuvé en 2013, le SDRIF 2030 incite les collectivités territoriales à limiter la consommation foncière de leurs espaces agricoles, naturels et forestiers et à amplifier leur lutte contre l'étalement urbain, notamment à travers la création de fronts urbains d'intérêt régional, qui constituent la limite « intangible » à toute urbanisation. Par ailleurs, les extensions urbaines sont particulièrement encadrées : « l'urbanisation doit se faire en continuité du bâti existant, et sous réserve de ne pas porter atteinte à une continuité écologique, une coupure d'urbanisation,

une continuité agricole, une liaison verte ou une lisière d'espace boisé, ou un front urbain d'intérêt régional ». L'importance accordée à l'optimisation des nouveaux espaces urbanisés et à la lutte contre l'« étalement urbain » justifient que des densités minimales s'appliquent aux secteurs d'extension.

Afin de mesurer les effets concrets des mesures spécifiques à l'Île-de-France en matière de limitation de la consommation foncière, il est nécessaire de comparer la croissance des espaces artificialisés de cette Région par rapport à celle observée au niveau du territoire national. Entre 2006 et 2012, elle était de 1,2 % en Île-de-France, contre près de 2,8 % dans le reste de la France, et ce pour une croissance de la population (3,2 %) identique dans les deux cas. Notons également qu'au cours de cette période, la croissance du PIB francilien a été plus rapide que celle du PIB national (3,4 %, contre 2,4 %). Cette divergence d'évolution témoigne de l'efficacité de la nouvelle philosophie d'aménagement développée par les deux derniers SDRIF.

Ainsi, si 424 850 logements et 36,5 millions de m<sup>2</sup> de locaux d'activité ont été mis en chantier entre 2003 et 2012, une partie de plus en plus considérable de ces travaux s'inscrit dans le cadre d'opérations de renouvellement urbain.

À une échelle plus locale, l'objectif de préservation des espaces ouverts doit être traduit dans les projets de territoire. Les Schémas de cohérence territoriale (SCoT) doivent obligatoirement inclure une analyse de la consommation foncière observée au cours des dix dernières années, ainsi que des objectifs chiffrés de limitation des extensions urbaines. Les règlements associés aux zones agricoles (A) et naturelles (N) dans les plans locaux d'urbanisme (PLU) peuvent également être très restrictifs quant aux possibilités d'extension des zones urbanisées. La multiplication des zones à urbaniser (AU) peut, à l'inverse, être source de pressions foncières.

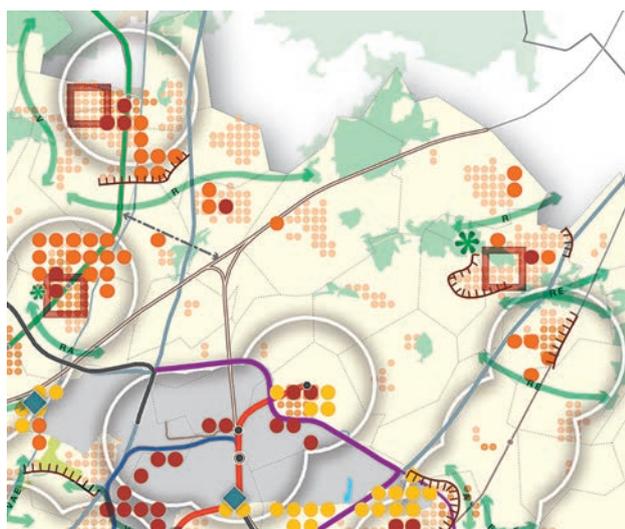


Figure 4 : Carte de destination générale des différentes parties du territoire francilien et sa légende.

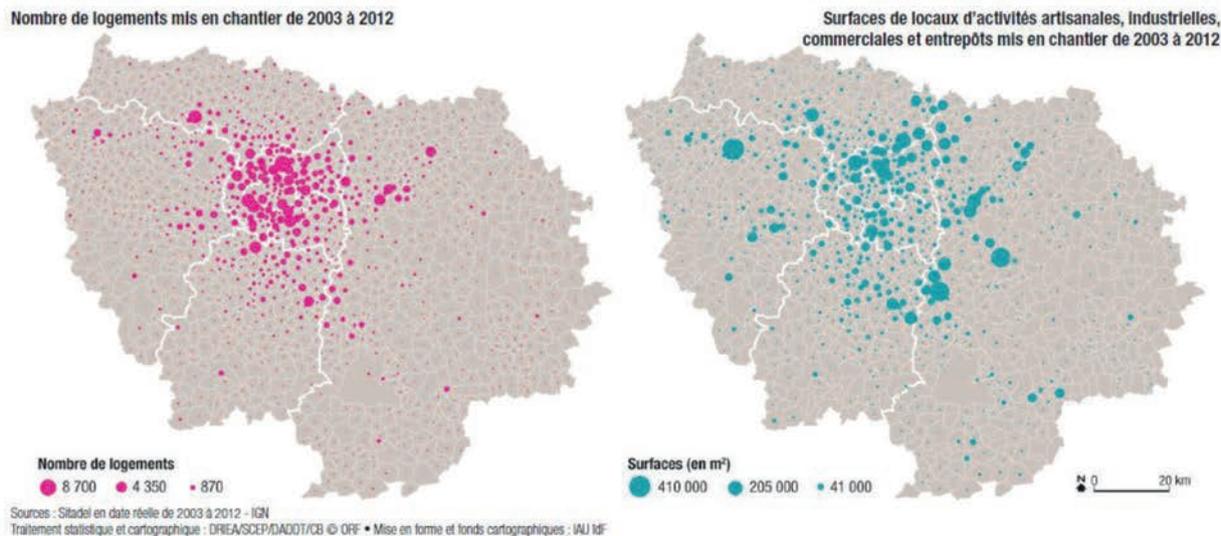


Figure 5.

### Au-delà de la pression de l'urbanisation, celle des marchés fonciers

Préserver le foncier rural de l'urbanisation ne peut suffire pour résister aux pressions foncières. Des volontés distinctes visant à soutenir l'effort de construction, à préserver l'environnement ou encore à protéger l'activité agricole peuvent donc entrer en concurrence et, de fait, augmenter la pression foncière, laquelle contribue à déstabiliser le fonctionnement des espaces ouverts. La compétition entre acteurs joue alors à la hausse sur les prix des terres, même pour celles qui ne sont pas destinées à l'urbanisation.

Les espaces ouverts désignent des espaces « de pleine terre », qui ont pour caractéristiques communes d'avoir un sol vivant apte à remplir de multiples fonctions économiques, environnementales et sociales, et d'être riches en potentialités.

Les biens soumis à une forte pression foncière sont identifiés à partir d'un critère de prix de vente. Fixé à 1 € ou 5 €/m<sup>2</sup>, selon que les terrains concernés sont des terres de grande culture ou des terres spécialisées, ce prix constitue le seuil au-delà duquel toute valorisation agricole ou naturelle est rendue difficile. L'augmentation des prix, qu'elle soit motivée par l'anticipation d'une urbanisation à venir, la concurrence dans l'accès aux terres exploitables, l'évolution vers des usages récréatifs, a pour effet immédiat, si ce n'est d'interdire l'accès des agriculteurs aux terres libres, de mettre en péril l'équilibre économique de leur exploitation. Ainsi, les pressions foncières, sans qu'elles traduisent nécessairement une extension de l'urbanisation, président à des phénomènes de déprise agricole.

En 2007, les surfaces soumises à pression foncière représentaient 44 % du marché rural. Depuis 2010, ce niveau

est redescendu à moins de 30 %. En 2014, 1 020 transactions représentant 720 ha étaient considérées comme révélatrices de pressions foncières.

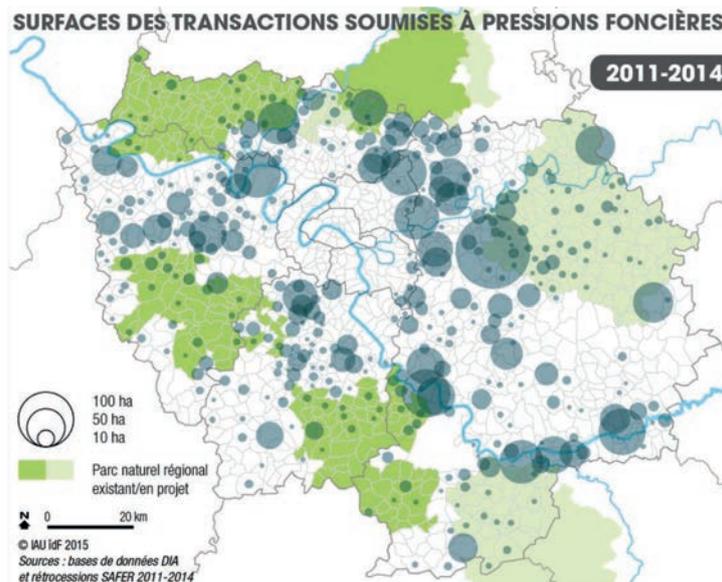


Figure 6 : Surfaces des transactions soumises à pression foncière entre 2011 et 2014.

La stabilisation observée au cours des dernières années est notamment suscitée par les politiques publiques mises en œuvre. Tout d'abord, la forte régulation du marché tient à l'action conjointe de la SAFER et des collectivités territoriales. Les effets des politiques menées au niveau régional ou local en matière de préservation des espaces ouverts peuvent également être identifiés, notamment quant à leur contribution à un changement du regard porté sur les espaces ouverts, qui sont aujourd'hui bien plus appréciés pour leur valeur intrinsèque qu'en tant que « réserves foncières pour l'urbanisation ».

## La régulation des marchés et l'usage d'outils de préservation, deux leviers pour maintenir l'agriculture

La SAFER (Société d'aménagement foncier et d'établissement rural), connue pour son intervention en matière de préservation des terrains agricoles, est impliquée de manière plus globale dans la gestion de tous les espaces ouverts, espaces naturels et forestiers inclus. Son objectif principal est de contribuer au maintien d'une agriculture dynamique en Île-de-France, notamment en limitant la spéculation foncière et en préservant les espaces ouverts existants de la périurbanisation.

Pour cela, elle dispose d'un droit de préemption rural qui lui permet de réguler le marché à travers l'acquisition et la mise à disposition de biens, ainsi qu'à travers l'établissement de prix référence à même de garantir le maintien d'une activité agricole. Elle conseille les collectivités territoriales afin que celles-ci puissent intégrer dans leurs documents d'urbanisme les principes d'aménagement des espaces ouverts définis à l'échelle régionale. L'action de la SAFER s'appuie aussi sur la pédagogie : il est en effet parfois nécessaire de convaincre les collectivités de privilégier la préservation d'espaces ouverts au développement d'extensions urbaines et de lieux de consommation.

La régulation des transactions est également un instrument lui permettant de stabiliser les prix. Ainsi, en 2013, les préemptions avec demande de révision du prix effectuées par la SAFER représentaient 72 % de l'ensemble des préemptions. Sur 96 préemptions, 75 % ont aboutis à des niveaux de prix (3 €/m<sup>2</sup>) en moyenne trois fois inférieurs aux prix initiaux.

Enfin, elle fournit aux collectivités des moyens leur permettant de reconquérir des espaces ouverts tombés en déprise, et ce au travers de deux procédures : celle des biens sans maître (des biens vacants)<sup>(1)</sup> et celle relative à la remise en état des terres incultes<sup>(2)</sup>.

pouvoir maintenir les espaces agricoles et naturels existants, notamment :

- la zone agricole protégée (ZAP) est une servitude d'utilité publique, un document annexé au PLU<sup>(3)</sup>. Au sein d'une ZAP, tout changement d'affectation du sol est obligatoirement soumis à la chambre d'agriculture et à la commission départementale d'orientation de l'agriculture (CDOA), si l'une d'entre elles donne un avis défavorable, une décision motivée du préfet est nécessaire. Elle préserve ainsi le foncier agricole en offrant une visibilité à long terme qui sécurise les agriculteurs dans l'exploitation de leurs terres ;
- le périmètre de protection des espaces agricoles et naturels périurbains (PPEANP<sup>(4)</sup>) permet de protéger un espace ouvert en sanctuarisant les périmètres des zones agricoles (A) ou naturelles (N) des plans locaux d'urbanisme. Ce périmètre de protection ne peut être modifié que par décret interministériel ;
- les périmètres régionaux d'intervention foncière (PRIF) sont un dispositif propre à l'Île-de-France. Définis par l'Agence des espaces verts de la région Île-de-France (AEV), il en existait 55 en 2016 correspondant à une superficie de 41 000 ha, principalement dans des espaces périurbains. Annexés aux documents d'urbanisme, ils permettent aux communes de déléguer la gestion des espaces ouverts à l'AEV. Celle-ci peut y acquérir des terrains, exercer un rôle de bailleur, solliciter la SAFER pour qu'elle exerce son droit de préemption, voire que celle-ci lui en délègue l'exercice.

En parallèle, des politiques de portage foncier, qui consistent en l'acquisition d'un bien afin d'y installer par la suite le porteur d'un projet s'inscrivant en adéquation avec les objectifs de préservation de la ruralité, permettent de pallier les effets pervers des mécanismes de marché et la pression foncière qui leur est liée.

## Assurer le maintien d'espaces agricoles et naturels fonctionnels

Au-delà de la préservation des sols et de la régulation des marchés, d'autres dynamiques invisibles jouent un rôle fondamental dans le maintien d'espaces agricoles, naturels et forestiers qui soient véritablement « vivants ».

En réponse aux demandes des élus, l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France (IAU ÎdF), en partenariat avec la direction régionale et interdépartementale de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt (Driaaf) et la direction régionale et interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie (Driea), a conçu une méthode d'analyse qui appréhende les espaces ouverts à partir de leur fonctionnalité et invite à concilier, à travers le projet de territoire, la préservation de ces espaces et le développement urbain.

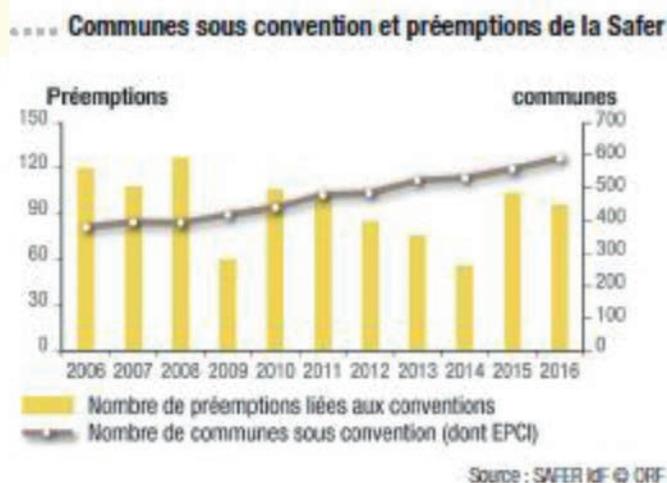


Figure 7.

Plusieurs dispositifs de protection des espaces ouverts sont par ailleurs mobilisables par les collectivités pour

(1) Articles L. 1123-1 et suivants du Code général de la propriété des personnes publiques.

(2) Article L.125 du Code rural.

(3) Articles L. 112-2 et R. 112-1-4 à R. 112. 1-10 du Code rural.

(4) Articles L. 143-1 du Code de l'urbanisme.

**Fonctionnement des milieux naturels**

- milieux naturels de forêt, robustes
- milieux naturels de vallée, fragilisés
- milieux naturels de plateau, dispersés
- principaux réservoirs de biodiversité
- milieux naturels très fragiles

**Menaces sur le fonctionnement**

- consommation par urbanisation future
- fractionnement par infrastructures futures
- menace par surfréquentation

risque de destructuration

**Préservation du fonctionnement**

- connexion biologique majeure à maintenir
- connexion de vallée à maintenir
- front urbain à maintenir

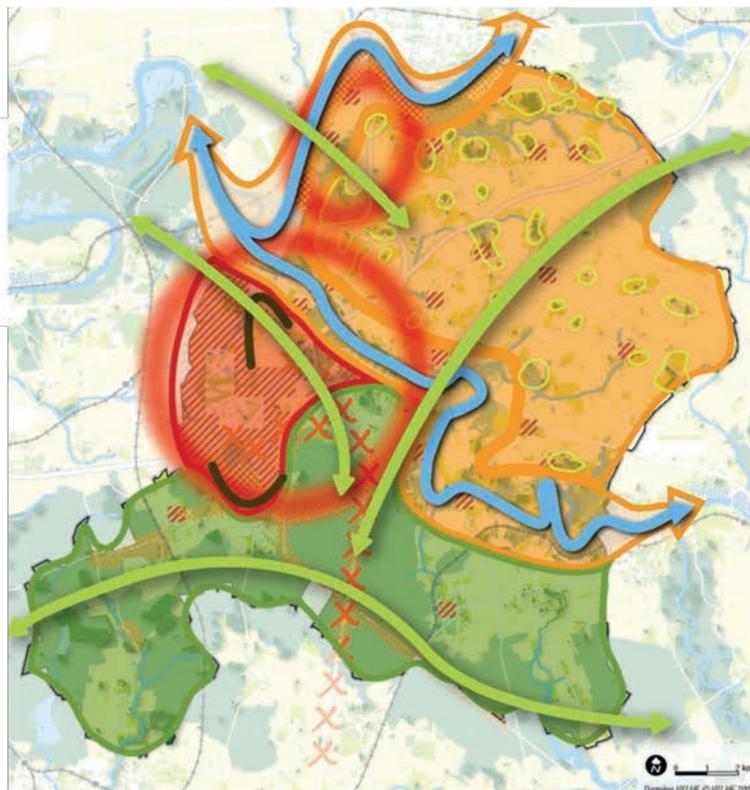


Figure 8 : Exemple d'analyse fonctionnelle d'un espace ouvert naturel.

La fonctionnalité d'un espace ouvert est évaluée à partir de sa capacité à assurer de manière satisfaisante les fonctions qui lui sont assignées. La capacité productive d'un espace agricole confronté à la pression foncière peut ainsi être perturbée par le mitage du territoire lié à la périurbanisation, par exemple en contraignant la circulation entre les parcelles. Le morcellement des espaces ouverts et la création d'infrastructures linéaires de transport perturbent également les écosystèmes.

L'analyse fonctionnelle des espaces ouverts restitue tout d'abord le territoire dans son contexte et met en évidence l'armature des espaces ouverts. Elle développe ensuite des analyses fonctionnelles thématiques (agricole, forestière et naturelle) qui rendent lisible le fonctionnement économique, écologique et social de l'espace étudié, tout en révélant les enjeux nécessitant une intervention des élus ou des aménageurs. Afin d'éviter de détruire inutilement les espaces ouverts et afin d'améliorer le cadre de vie dans les espaces urbanisés, des actions sont proposées pour valoriser, maintenir, restaurer ce système fonctionnel et ouvrir un « dialogue » avec le projet urbain. L'analyse est à réaliser en étroite collaboration avec les experts agricoles, forestiers, naturalistes et avec les acteurs locaux. Le Conseil régional d'Île-de-France et l'État soutiennent cette démarche depuis sa création et favorisent sa mise en œuvre en accompagnant financièrement les collectivités qui l'appliquent. Des subventions régionales sont ainsi mobilisables pour réaliser ces travaux d'analyse, notamment dans le cadre d'un SCOT ou de la stratégie régionale de la biodiversité.

Ces analyses servent ensuite de supports aux différentes réponses apportées par les acteurs du territoire pour li-

miter les pressions foncières et pallier les dysfonctionnements propres à ces espaces ouverts. Elles offrent surtout un diagnostic préalable précieux pour élaborer un projet de territoire qui intègre les espaces ouverts en capitalisant sur leurs atouts et en veillant aux endroits stratégiques à préserver pour ne pas déstabiliser leur fonctionnement.

## Bibliographie

Observatoire régional du foncier en Île-de-France (2017), « Les marchés fonciers franciliens », *Note de conjoncture*, Paris, Publication IAU ÎdF, octobre.

OMHOVÈRE M. (2015), « Vers une stabilisation des pressions foncières en milieu rural ? », *Note rapide de l'IAU ÎdF*, n°708.

CONSTANTY V. & ZEIGER P. (2014), « Le Mos, reflet de 30 ans de dynamiques territoriales », *Les cahiers de l'IAU ÎdF*, n°169, pp. 9-14.

IAU ÎdF/SAFER ÎdF (2013), « Pressions foncières : quel plan d'actions pour l'Île-de-France ? », Actes de la rencontre du 13 décembre 2012, Paris, Publication IAU ÎdF.

OMHOVÈRE M. (2012), « Vers une autre gestion des espaces ouverts », *Les Cahiers de l'IAU ÎdF*, n°163, pp. 67-69.

DE BIASI L., CHARRE S. & LARUELLE N. (2011), « Comment prendre en compte le fonctionnement des espaces ouverts ? », *Les carnets pratiques du Sdrif*, n°5, IAU.

DE BIASI L. & CHARRE S. (2010), « L'analyse fonctionnelle des espaces ouverts : un outil pour les territoires », *Note rapide de l'IAU ÎdF*, n°499.

# Préserver la terre, stimuler l'activité agricole : 30 ans d'aménagement et d'urbanisme dans le département des Bouches-du-Rhône

Par Marc BEAUCHAIN

Ancien chef de service à la direction départementale de l'Agriculture et de la Forêt, puis à la direction départementale des Territoires et de la Mer 13

Les Bouches-du-Rhône accueillent plus de deux millions d'habitants. Depuis 50 ans, ce département a subi des bouleversements considérables.

Dans cette métropole multipolaire, l'espace agricole et rural est entièrement « sous le souffle » de la périurbanisation.

Dès la fin des années 1960, la nécessité de préserver les terres et la production agricoles suscite une politique d'aménagement rural structurée autour de la connaissance des milieux, de la concertation, de la contractualisation des engagements, de l'utilité de marier agriculture et environnement et d'accompagner les mutations économiques.

Cette politique de long terme a permis d'éviter une disparition « programmée » des sols et de l'activité agricoles, de maintenir 148 600 hectares de SAUées <sup>(1)</sup>, de produire près de 500 millions d'euros/an de valeur ajoutée et de hisser ce département au premier rang de l'agriculture biologique en France.

Par-delà les acteurs, les objectifs, les outils et les résultats de cette expérience locale, à travers cet article, nous en appelons à une urgente et indispensable prise de conscience nationale sur une consommation excessive de terres agricoles.

Depuis les années 1970, la question de la préservation des sols et de l'activité agricoles se pose de manière cruciale dans les Bouches-du-Rhône. Département peuplé de plus de deux millions d'habitants (le troisième de France), accueillant plus de 40 % de la population de la région Provence Alpes Côte d'Azur <sup>(2)</sup>, il a connu dès les années 1960 plusieurs traumatismes :

- l'accueil des rapatriés d'Algérie et une urbanisation échevelée de Marseille, qui pousse les agriculteurs hors de sa « cuvette » en les rejetant à l'extérieur, dans le *no man's land* de la plaine de Berre, où ils créent la première concentration de serres de France, sur le modèle hyper-intensif en vogue à l'époque ;
- un mitage généralisé des abords des villes et des villages environnants ;
- des prévisions démographiques surévaluées de la Datar pour le Sud-Est, qui incitent à une ouverture massive du territoire à l'urbanisation <sup>(3)</sup> ;
- de grands projets « gaulliens » sous la forme d'OINs <sup>(4)</sup> :

Grand Port de Fos, ville nouvelle des rives de l'étang de Berre, avec les infrastructures qui vont avec <sup>(5)</sup>, tout ceci étant retranscrit dans le Schéma de l'OREAMM <sup>(6)</sup>.

L'État et ses établissements publics procèdent à des acquisitions foncières, par milliers d'hectares : celles-ci se révéleront ensuite inutiles et mal programmées. Dans l'immédiat, elles plombent l'avenir de la terre et compromettent l'outil de travail des agriculteurs.

(1) Surface agricole utilisée (SAUée), selon le recensement général de l'agriculture (RGA).

(2) RGP 2014 : population PACA : 4 983 438 hab. Bouches-du-Rhône : 2 006 069 hab.

(3) DATAR, « Scénario de l'inacceptable », 1971.

(4) OINs : Opérations d'intérêt national.

(5) En 2014, les Bouches-du-Rhône comptent 321 km d'autoroutes et 13 000 km de routes.

(6) Organisation pour les études d'aménagement de l'aire métropolitaine marseillaise. Schéma approuvé le 11 décembre 1969 par le Conseil interministériel d'aménagement du territoire.

Les milieux professionnels de l'urbanisme ignorent alors tout de l'activité agricole et des moyens de son fonctionnement, l'espace n'étant vu que comme un territoire plat se situant à proximité des agglomérations, facile à équiper et à desservir.

Le Schéma départemental d'aménagement rural <sup>(7)</sup> élaboré en réponse à celui de l'OREAM constitue une riposte adaptée à cette situation de crise (diagnostics sur l'état de l'agriculture des Bouches-du-Rhône, occupation des sols, performances économiques). Mais surtout, il invite à réfléchir sur l'utilisation des sols et sur leur avenir : carte d'aptitude des sols à la mise en valeur agricole, occupation des sols, propositions pour pallier la consommation d'espace.



D.R.

Paysage agricole du département des Bouches-du-Rhône.

Le monde agricole <sup>(8)</sup> entre en résistance et l'action se met en place en s'appuyant sur deux principes :

- l'agriculture doit être considérée comme une activité économique à part entière, dans le respect des entreprises et des hommes qui produisent emploi et aliments, et pas seulement comme un espace à aménager et à conquérir à bas coût. Son devenir doit être contractualisé avec tous les acteurs ;
- la terre agricole constitue un patrimoine rare, non reproductible, dont la consommation est irréversible : elle doit être impérativement préservée.

Ces principes fondent une politique d'aménagement rural qui a été constamment poursuivie par ce département atypique.

Atypique, car il est fortement métropolisé et polycentrique, avec peu de communes, mais de grandes villes/territoires (Marseille, Aix, Salon, Arles, Aubagne, Martigues, etc.) qui intègrent dans leurs limites un vaste espace rural <sup>(9)</sup>, agricole et naturel. Le rural et l'urbain y sont à un tel point imbriqués qu'aucune ville ne peut ignorer la question de son espace rural : la problématique de la consommation de l'espace agricole et de son avenir économique doit nécessairement être associée au champ de l'urbanisme.

Aucune partie du département n'échappe « au souffle » de la périurbanisation (pressions urbaines, industrielles, commerciales, touristiques, d'infrastructures).

Atypique, le département l'est aussi, parce qu'en dépit de ce profil nettement urbain, à l'est et au nord-ouest en par-

ticulier, l'agriculture a toujours été présente en volume, en valeur et en qualité de ses productions, en diversité, en emplois et en proximité, tout en étant fortement exportatrice.

À l'ouest, l'agriculture traditionnelle gère des écosystèmes rares, qui lui sont directement inféodés.

Les signes de qualité concernent la moitié des exploitations : AOC (vins, olives et huiles d'olive, viande de taureaux de Camargue, foin de Crau). L'irrigation y joue également un grand rôle : la moitié de la SAU est irrigable, soit 80 % des exploitations.



Photo © Minagri

Oliveraie dans les Alpilles.

Atypique, il l'est, enfin, par le fait que, plus qu'ailleurs, l'espace agricole y façonne par la diversité de ses productions, des terroirs et des paysages uniques qui participent de l'identité de « micro-pays » (Aix, Arles, Aubagne, Salon-de-Provence, Comtat, etc.).

Dans les Bouches-du-Rhône, sont ainsi en confrontation une agriculture vivante et une croissance urbaine multipolaire <sup>(10)</sup> : la bonne gestion de la trame agricole et rurale se révèle comme une condition fondamentale pour assurer le fonctionnement en réseau de la métropole.

Sur la base des principes « connaître, préserver, contractualiser », la politique d'aménagement rural se structure au fil du temps face aux aléas d'une conjoncture complexe : décentralisation de l'urbanisme avec les lois Defferre <sup>(11)</sup> (1981), crises à répétition de l'agriculture méditerranéenne, regroupements intercommunaux hasardeux et souvent conflictuels.

(7) SDAR des Bouches-du-Rhône – 1975. Ministère de l'Agriculture, direction départementale de l'Agriculture des Bouches-du-Rhône, Atelier départemental d'études d'aménagement rural.

(8) L'auteur désigne par « monde agricole » le groupe de concertation informel entre la DDAF et la profession agricole (Chambre d'Agriculture, syndicats agricoles, comités locaux).

(9) Marseille : 10 000 ha d'espaces naturels ; Aix-en-Provence : surface agricole utile (SAU) de 4 438 ha ; Arles : SAU de 39 359 ha ; Salon-de-Provence : SAU de 6 081 ha ; Istres : SAU de 4 541 ha ; Saint-Rémy-de-Provence : SAU de 2 285 ha ; etc.

(10) À la différence des métropoles radioconcentriques classiques du type de Lyon.

(11) Mises en œuvre le 7 janvier 1983.

Les outils disponibles pour pallier la consommation d'espace, associés à l'émergence de procédures de protection de l'environnement (directives européennes « Oiseaux<sup>(12)</sup> » et « Habitats<sup>(13)</sup> »), se révéleront être des leviers déterminants pour mener à bien cette politique.

### Agir d'urgence pour préserver l'espace agricole : la « bataille » des documents d'urbanisme

Au recensement général agricole (RGA) de 1970/71, la SAU des Bouches-du-Rhône était de 188 000 ha. En 1980, elle n'est plus que de 148 000 ha, soit une perte de plus de 21 % en dix ans !

Il faut d'urgence corriger les effets dévastateurs du mitage induit par les plans d'urbanisme existants, relativiser les prévisions foncières élaborées pour l'habitat, l'industrie et le commerce et faire reconnaître l'espace réservé à la production agricole au moyen d'un zonage protecteur, un préalable incontournable.

L'élaboration de plans d'occupation des sols<sup>(14)</sup> s'engage sur 118 des 119 communes du département ; ils représentent un enjeu majeur pour le monde agricole. D'abord réalisée sous la conduite de l'État, elle passe sous le contrôle des communes, mais sans perspective d'ensemble<sup>(15)</sup>, celles-ci décidant alors seules de leur développement urbain, se faisant mutuellement concurrence.

Le monde agricole sera contraint, pendant 10 à 15 ans, par une participation sans faille et la formulation d'avis sans concession à toutes les étapes de l'élaboration des différents POS, de construire *par lui-même* la cohérence locale (mais aussi la cohérence intercommunale) en intégrant à la politique urbaine la prospective de la préservation de l'agriculture, au travers de zonages sécurisés.

Ce travail va s'appuyer sur une connaissance de l'occupation des sols tenue à jour et sur une approche fine du territoire privilégiant la cohérence des terroirs, leurs qualités et leurs potentialités ainsi que les savoir-faire locaux<sup>(16)</sup>, les mêmes principes s'appliquant à l'instruction des grands dossiers d'aménagement et d'infrastructures, au demeurant fort nombreux (par exemple, le TGV Sud-Est et l'autoroute A54).

C'est la parfaite connaissance du milieu qui permet la négociation et les arbitrages, et donne au contrôle de légalité exercé par l'État toute sa légitimité en faveur du *monde agricole*<sup>(17)</sup>.

Au terme de ce combat de 20 ans, les RGA de 1988 et de 2000 confirment – ô surprise ! – la justesse et l'efficacité de cette politique de pérennisation des sols agricoles : en 2000, la SAU se redresse à hauteur de 162 690 ha, soit un rebond de 14 690 ha !

### L'alliance agriculture/environnement

L'ouest des Bouches-du-Rhône constitue un « joyau » dans l'alliance entre pratiques agricoles traditionnelles (extensives) et biodiversité. Crau steppique, Crau des prairies, Camargue et Alpilles sont des écosystèmes rares

intrinsèquement gérés par un élevage extensif (ovins, bovins), la culture du foin<sup>(18)</sup> et la riziculture.

Élus locaux, professionnels, associations de protection de la nature et scientifiques se mobilisent autour de la DDAF pour préserver ces équilibres, sauvegarder l'espace et ses productions de haute qualité et argumenter en faveur de programmes de conservation adaptés.

Dès 1989, le département est le premier en France à avoir été candidat pour des mesures agroenvironnementales expérimentales<sup>(19)</sup> destinées à aider, par contrats (d'une durée de 5 ans), les exploitants qui maintiennent des pratiques traditionnelles, moyennant le respect d'un cahier des charges exigeant.

De 1990 à 2002, près de 1 000 contrats sont ainsi souscrits, dans la Crau, pour un budget<sup>(20)</sup> de 14,25 millions d'euros (M€), et 200 en Camargue, concernant près de 14 000 hectares, pour un budget de 9,9 M€ ! Certaines années, ce sont entre 1 000 et 2 000 contrats de ce type qui sont gérés par la DDAF.



Photo © J.-C. Tempier, CEN PACA

Prairies de Crau – Cabannes neuves.

(12) Directive 2009/147/CE « Directive Oiseaux » du 30 novembre 2009 de l'Union européenne : protection et gestion des populations d'espèces d'oiseaux sauvages (remplaçant la première Directive Oiseaux 79/409/CEE du 2 avril 1979).

(13) Directive européenne 92/43/CEE « Habitats, Faune, Flore » (appelée Directive Habitats), du 21 mai 1992 : assurer le maintien de la diversité biologique par la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvages.

(14) Loi d'orientation foncière 1967.

(15) Pour des raisons politiques, aucun Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (à l'exception d'un seul) n'a pu être étudié ni validé.

(16) Télédétection et agriculture : « Bouches-du-Rhône, une nouvelle approche », Agreste, ministère de l'Agriculture, 1990.

(17) Nonobstant l'exceptionnelle instabilité des POS. Ainsi, de 1983 aux années 2000, ont été recensées 450 procédures de modification et 204 révisions (dont 123 révisions totales).

(18) AOC Foin de Crau.

(19) Mesures dites « Article 19 » (Règlement CE 1992).

(20) Budget cumulé, les contrats sont renouvelés à leur terme.

Dès 2002, la contractualisation se renouvelle, en lien avec les sites Natura 2000, le programme se poursuivant (sous des dénominations successives <sup>(21)</sup>) jusqu'à ce jour.

La grande détermination de la profession agricole est pour beaucoup dans le succès de cette politique. Mais le développement de Natura 2000 <sup>(22)</sup> (complété par les protections réglementaires de 4 réserves naturelles nationales, de 3 parcs naturels régionaux et d'un Grand Site de France) permettra à ces territoires fragiles d'être conservés presque intégralement sur 100 000 hectares.

### La directive territoriale d'Aménagement : une validation de la politique menée depuis 20 ans

Deux mandats successifs d'élaboration, du 29 juillet 1998 et du 21 juillet 1999 (élargissement du périmètre à l'ensemble du département, désignation d'espaces sensibles), amènent le préfet, au vu de la politique d'aménagement rural déjà conduite, à confier à la DDAF l'animation d'un groupe de travail sur l'environnement et les risques, réunissant élus, profession agricole et associations de défense de l'environnement.

Celui-ci produira un document <sup>(23)</sup>, approuvé à l'unanimité par les participants, intitulé « une politique pour les espaces non urbains ». L'essentiel de ses préconisations seront ensuite traduites dans une DTA, co-écrite par la DDAF et la DDE.

Approuvée en mai 2007 <sup>(24)</sup>, la directive territoriale d'aménagement (DTA), que ce soit pour le diagnostic ou les objectifs, fait une place singulière à l'agriculture : corriger le mode de développement actuel, reconnaître l'agriculture en tant qu'activité économique, gérer l'espace « de façon économe et équilibrée <sup>(25)</sup> ». En dépit des fortes réticences du ministère de l'Équipement, la DTA intègre (c'est une première !) un triple zonage différencié qui tient compte de la pluralité de l'agriculture, au plus près du terrain et des terroirs, avec :

- des espaces agricoles de productions spécialisées ;
- des espaces agricoles à dominante « gestionnaires d'écosystèmes » ;
- des espaces agricoles périurbains <sup>(26)</sup>.

Ces zonages sont associés à des orientations <sup>(27)</sup>, enfin (!), adaptées aux spécificités locales.

La DTA s'impose à l'élaboration des documents d'urbanisme subordonnés (SCOT et PLU <sup>(28)</sup>), elle constitue la référence en cas de conflit (seuls les espaces agricoles périurbains sont susceptibles d'arbitrage, dans des conditions restrictives).

Dans ses politiques d'accompagnement, la DTA rappelle le corpus des mesures constituant la politique mise en œuvre depuis vingt ans : maintien et reconstitution de l'outil de production, reconnaissance de la multifonctionnalité de l'agriculture, contractualisation des usages du sol, soutien à l'évolution vers la qualité et la durabilité, politique foncière adaptée.

### La contractualisation de l'agriculture

Les exploitants ont eu, dès les années 1970, besoin d'être rassurés et de bénéficier de garanties quant à leur avenir en zone agricole : une charte des zones agricoles des Bouches-du-Rhône, cosignée par le préfet, a défini les droits et obligations de chacun dans les processus de gestion et de construction en zone agricole. Dans la Ville Nouvelle de Vitrolles, un protocole de gestion du quartier des Pinchinades, signé par l'Établissement public d'aménagement des rives de l'étang de Berre (Epareb) et l'État, associe les agriculteurs locaux à un comité de gestion chargé de concilier la construction de la ville et le respect de son agriculture !

Peu à peu, la contractualisation constitue l'expression fondamentale de la politique menée, pour faire des exploitants des acteurs du territoire, et non pas seulement des victimes du développement urbain. Les collectivités locales s'insèrent rapidement dans cette logique : la première, Aubagne, avec sa charte agricole qui, adoptée en 1992 par 300 agriculteurs, est étendue, dès 1993, à toute la communauté du Pays d'Aubagne <sup>(29)</sup>.

Aix et le Pays d'Aix s'engagent dans le même processus peu après, mais sans y consacrer les mêmes moyens financiers.

Enfin, 92 % des communes (107) sont couvertes par une convention d'intervention foncière avec la Société d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer) pour surveiller les transactions en milieu rural et pouvoir intervenir en matière de réorganisation foncière.

### L'utilisation des outils mis à disposition au fil du temps

Sous la pression du monde agricole et devant les coûts de gestion d'un territoire mal maîtrisé, des communes utilisent peu à peu, pour stabiliser de manière définitive leur territoire agricole, les outils (très lourds à gérer) mis à disposition au fil du temps par le Code de l'urbanisme : ainsi, des zones d'agriculture protégée sont délimitées à Cuges-les-Pins et à Rognac, ou sont à l'étude, comme un PAEN <sup>(30)</sup> (le premier en France), à Velaux (étang de Berre),

(21) OLAE, CTE, CAD, MAET, MAEC.

(22) La DDAF a assuré l'animation préalable du programme : 51 % du territoire sont inscrits en sites Natura 2000.

(23) Février 1997.

(24) Décret pris en Conseil d'État du 10 mai 2007.

(25) « Conserver le potentiel actuel de production, maintenir le capital exceptionnel du département en sols fertiles, permettre le développement par des pratiques culturales moins intensives et garantir le maintien des activités agricoles pour les espaces soumis à la pression urbaine (...) ».

(26) DTA, Chap. 3 §2.5.2, pp. 83-84.

(27) Partie prescriptive de la DTA.

(28) Pour traduire la DTA dans leur SCOT, la CUMMP et le Pays d'Aubagne ont décidé de sanctuariser leur espace agricole, article L. 141-10, Code de l'urbanisme (CU).

(29) « Terres en ville. Les agriculteurs, acteurs de l'espace urbain », in Aubagne Magazine, 1998, n°103.

(30) Périmètre de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains (articles L. 143-1 à L. 143-6 et R. 143-1 à R. 143-9 du Code de l'urbanisme).



Photo © Mick Rock/CEPHAS-PHOTO NONSTOP

Domaine de Richeaume avec vue sur la montagne Sainte-Victoire, dans les Bouches-du-Rhône.

« Les exploitants ont eu, dès les années 1970, besoin d'être rassurés et de bénéficier de garanties quant à leur avenir en zone agricole : une charte des zones agricoles des Bouches-du-Rhône, cosignée par le préfet, a défini les droits et obligations de chacun dans les processus de gestion et de construction en zone agricole. »

avec l'accord du Conseil départemental, un ambitieux programme de reconquête des friches (Fonds départemental de gestion de l'espace rural) ou des terrasses de culture. Le Comité d'agglomération du Pays d'Aubagne et de l'Étoile et la fondation ProTerra participent à ce mouvement.

Les lois Grenelle 2 (août 2010) et la LOMA (loi n°2010-874 de modernisation de l'agriculture et de la pêche du 27 juillet 2010) affirment l'ambition d'une réduction de 50 % du rythme de consommation des terres d'ici à 2020. C'est ainsi que les CDCEA ont été créées en 2011<sup>(31)</sup>, puis transformées par la loi d'Avenir pour l'agriculture (2014) en CDPENAF<sup>(32)</sup>.

Ces commissions sont réunies régulièrement (36 sessions en sept ans) par le préfet et sont consultées sur l'élaboration et la révision des SCOT et des PLU<sup>(33)</sup> : elles émettent un avis sur la prise en considération des terres naturelles agricoles et forestières (avis conforme lorsque sont en jeu des terres classées en AOC/AOP)<sup>(34)</sup>.

Depuis 2011, elles ont examiné 77 PLU, seuls 4 d'entre eux bénéficiant d'un avis favorable et 10 d'un avis totalement défavorable (53 avis avec réserves). Pour les SCOT,

sur 4 dossiers : 3 ont eu un avis réservé et 1 un avis totalement défavorable.

Leur action en matière de contrôle de l'utilisation de l'espace est très efficace si les participants « jouent une partie bien préparée » !

### Des dangers qui « couvent »

D'autres dangers pour la terre agricole « couvent » et alimentent déjà les combats à venir, dans les Bouches-du-Rhône comme ailleurs :

- la « compensation agricole<sup>(35)</sup> », à l'image de ce qui se pratique en matière d'environnement. Le risque d'accep-

(31) Commission départementale de la consommation des espaces agricoles, décret du 16 février 2011.

(32) Commission départementale de protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, décret du 9 juin 2015.

(33) Les membres peuvent demander à être consultés sur tout projet d'aménagement susceptible de mettre en cause des terrains agricoles ou forestiers (auto-saisine).

(34) L'avis de la CDPENAF est joint au dossier d'enquête publique.

(35) LAAF du 13 octobre 2014 (articles L.112-1-3 et D.112-1-18 et suivants du Code rural).

ter une consommation de l'espace en échange de compensations financières ou d'améliorations techniques collectives (sur des projets de + de 5 hectares d'emprise agricole ou naturelle) est déjà avéré, et la tentation d'y succomber très tangible ;

- la transition énergétique et l'idéal du « tout solaire » pourraient aboutir, si le monde agricole ne s'était pas déjà mobilisé, à couvrir de panneaux solaires des terres si âprement défendues jusqu'ici...

## Un bilan et des perspectives

Que conclure de cette expérience d'aménagement dans les Bouches-du-Rhône ?

Certes, le RGA de 2010 fait apparaître une réduction sensible de la surface agricole utile (- 9 %), mais celle-ci reste à un haut niveau : 148 570 hectares<sup>(36)</sup>.

Même si les résultats ne paraissent pas toujours suffisants, que serait-il resté de la terre et de l'activité agricoles dans ce département sans ce travail acharné ? Comment l'agriculture aurait-elle pu s'adapter aux conditions très évolutives du marché et aux attentes des consommateurs si elle n'avait pas bénéficié d'un espace garanti, souvent par contrat, permettant aux générations de se succéder et aux jeunes de faire des investissements de long terme ?

S'il est vrai que trop de surfaces agricoles ont été perdues, l'attention dont a fait l'objet l'agriculture, ici, dans les Bouches-du Rhône, lui permet de présenter aujourd'hui des signes forts de vitalité et d'innovation :

- en 2015, 620 exploitations bio<sup>(37)</sup> pour 22,8 % de SAU Bio, le département est le premier de France pour l'agriculture biologique<sup>(38)</sup> : 2 200 ha pour les fruits, 400 pour les légumes et 3 680 pour les grandes cultures. En nombre d'opérateurs-aval bio, le département est second (derrière Paris) ;

- en 2010, sur 4 900 exploitations, 1 830 sont sous le signe de la qualité (37 %) ; 1 275 (26 %) valorisent leur situation périurbaine en circuits courts, avec des exploitants jeunes et innovants ;
- confirmant son évolution vers la qualité et la durabilité<sup>(39)</sup>, le département est dans la fourchette basse en matière d'achats de produits phytosanitaires (5 373 tonnes (t) sur 2009/2016), malgré des productions très consommatrices (fruits, légumes, vigne), quand le département voisin, celui du Vaucluse, en consomme 3 fois plus (16 574 t).

On l'aura compris, le combat mené ici, dans les Bouches-du-Rhône, par des équipes stables et déterminées a prouvé une certaine efficacité. Il peut être adapté à la France des métropoles.

Mais pour pouvoir le considérer comme achevé, il faudrait qu'au-delà des documents d'urbanisme, toutes les terres toujours cultivées, où qu'elles se situent, bénéficient d'un principe de sanctuarisation.

« Refaire la ville sur la ville ! », proclame la loi SRU.

Éh bien, chiche ! Proposons que, dorénavant, l'aménagement ne se construise que sur le principe de la densité et sur la requalification des espaces anthropisés, et que la stricte préservation de la terre agricole (garantissant la sécurité alimentaire du pays) devienne une Grande Cause nationale !

(36) Ce sont les surfaces d'« agriculture encore captive » qui perdent du terrain.

(37) Elles étaient 376 en 2010, soit une croissance de 65 % en 5 ans.

(38) Source Agence Bio.

(39) Source Médiacités, 9 novembre 2017, chiffres BNV-d.

# Quelle gouvernance pour les relations des villes avec leur *hinterland* ?

Par Fabienne TROLARD

Inra

et Guilhem BOURRIÉ

AAF

Depuis 2008, plus de la moitié de la population mondiale vit dans les villes. Ce changement global nous impose de changer de paradigme, la Terre devant être considérée comme un ensemble d'espaces et de ressources limités. Cela nécessite d'avoir une vision systémique intégrée et dynamique des villes et de leur *hinterland*, dans le but d'assurer les besoins vitaux des populations. La méconnaissance des sols, les pressions foncière et réglementaire et l'organisation de la décision en mode sectoriel et par projet sont les principaux freins à un tel changement. La démarche est inclusive et repose sur la construction d'indicateurs de risques à partir de scénarios partagés par toutes les parties prenantes et qui tiennent compte des ressources en sols, en eau et en production alimentaire, autant d'éléments conditionnant le développement et l'attractivité des territoires. Suite au sommet de Rio de 1992, des initiatives locales et/ou internationales ont été mises en œuvre, signe d'un engagement sur cette voie ; elles ne demandent qu'à être diffusées, partagées et enrichies.

Depuis les années 1960, en raison de ses performances particulièrement remarquables en matière de production d'énergie et de matériaux, l'humanité étend ses villes et construit des infrastructures dans ses campagnes. Elle se concentre dans des villes qui ne cessent de croître, s'étendant sur la surface de tous les continents, parfois en dehors de tout contrôle. Aujourd'hui, l'urbanisation est un fait géographique majeur sur la planète<sup>(1)</sup>. En Europe, c'est l'équivalent de la surface du Luxembourg qui disparaît, chaque année, sous le béton. En France, la surface artificialisée<sup>(2)</sup> par tête d'habitant a plus que quadruplé en l'espace d'un demi-siècle.

Les villes se sont implantées historiquement là où les accès à l'eau et aux denrées alimentaires étaient les plus favorables, c'est-à-dire sur les terres les plus fertiles et les plus faciles à travailler. Leur développement a accompagné l'essor des échanges commerciaux, principalement alimentaires, qui ont bénéficié de réseaux de communication performants. La croissance urbaine contribue à la croissance économique et à la rationalisation de l'utilisation des infrastructures, mais elle constitue également un facteur de déstabilisation des écosystèmes pouvant entraîner la dégradation des ressources environnementales, telles que l'eau, les sols et les organismes vivants.

En ce premier quart du XXI<sup>e</sup> siècle, les émeutes de la faim de 2008 et la stagnation généralisée des rendements agricoles ont conduit les scientifiques et certains experts à

alerter les instances décisionnaires, à les sensibiliser à la nécessité d'adopter un nouveau paradigme : il faut considérer la Terre comme un ensemble d'espaces et de ressources limités, dont la gestion nécessite d'adopter une vision systémique et dynamique.

Ainsi le cinquième rapport de l'IPCC (groupe de travail n°2 (GT 2) sur l'adaptation) souligne-t-il que : 1) les ressources en eau et en sols dédiées à la production alimentaire sont menacées par le changement climatique ; 2) l'optimisation de l'allocation des terres et des ressources au secteur AFOLU (agriculture, foresterie et espaces naturels) contribue à l'adaptation des territoires au changement climatique ; et 3) la société doit accélérer sa transition vers une société des 3R (Réduire, Réutiliser et Recycler) et à bas carbone (*Low Carbon* (LC)). Par ailleurs, le cinquième rapport de l'IPCC (GT 3, sur les émissions de gaz à effet de serre (GES)) considère que les espaces dédiés à l'AFOLU ont un rôle positif à jouer sur l'évaluation et l'atténuation des GES : ils sont, en effet, les seuls à avoir naturellement une action positive sur l'environnement global. L'IPCC es-

(1) OECD (2018), A new perspective on urban sprawl, rapport in OECD work on climate action.

(2) La surface artificialisée par habitant comprend les zones dédiées au logement, les espaces de travail (bureaux, usines...), de consommation (supermarchés, commerces...) et les infrastructures de transport (routes, voies ferrées, aéroports).

père ainsi que l'agrégation d'actions locales aura un effet au niveau global.

Pour asseoir la gouvernance d'un territoire, il est ainsi nécessaire non seulement de considérer cet espace comme une mosaïque d'écosystèmes/anthroposystèmes (dont la ville), mais aussi de doter progressivement les instances publiques et privées d'outils de diagnostic et d'aide à la décision, ainsi que de nouveaux modes d'organisation permettant à la fois de réaliser des analyses systémiques, plutôt que sectorielles, et d'adopter des approches dynamiques, plutôt que statiques (études d'impact).

Quels sont les freins à l'adoption de ce nouveau paradigme ? Comment construire une démarche intégrative territoriale conduisant à inclure la ville dans son *hinterland* ? Peut-on déjà identifier des initiatives et des projets allant dans cette direction ?

Sans prétendre à l'exhaustivité, nous allons dans le présent article nous efforcer d'apporter quelques éléments de réponse à ces différentes questions.

### L'existence de quelques freins à une gestion intégrée de la ville et de son hinterland

Au premier abord, on peut considérer qu'il y a trois freins fondamentaux à une telle gestion intégrée :

- la méconnaissance des sols ;
- les pressions foncière et réglementaire ;
- et l'absence d'une vision intégrée du territoire.

#### La méconnaissance des sols

Les sols, cette interface fragile entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère constituent le cœur de la « zone critique<sup>(3)</sup> » de notre planète, dont dépendent la biosphère, la vie terrestre, et, plus largement, la survie de l'humanité.

Les sols sont constitués d'un mélange complexe : une fraction solide se composant de constituants minéraux et organiques, une fraction liquide (solution du sol) et une fraction gazeuse. Dans ce mélange grouille la vie<sup>(4)</sup> sous forme de micro-organismes (comme les bactéries), de mésofaune (notamment les insectes) et de macrofaune (vers de terre, taupes...). Les sols sont ainsi le support des écosystèmes terrestres, déterminant, avec le climat, les conditions de leur existence et leurs fonctions dans les cycles globaux terrestres (les cycles du carbone, de l'oxygène, de l'eau...). Le climat définit donc le potentiel et les fonctions des écosystèmes naturels. Le changement climatique peut influencer positivement ou négativement les fonctions écosystémiques, réduire ou augmenter le potentiel des services rendus par les écosystèmes<sup>(5)</sup>.

Largement oubliés dans l'iconographie populaire, ainsi que dans l'agriculture conventionnelle de l'après-guerre, les sols sont toutefois associés aux notions de prospérité et de fertilité<sup>(6)</sup>, tout particulièrement en agriculture. Mais les fonctions du sol sont généralement ignorées dans la prise de décision et, par ses constructions, l'Homme les dégrade souvent de façon irréversible. En effet, pour un

urbaniste, le sol est d'abord un support potentiellement constructible et, éventuellement, une source de matériaux de construction. Concrètement, le premier constat est que la couverture cartographique des sols, à la différence des cartes géologiques, n'est pas suffisamment complète pour être utilisée dans la planification territoriale, y compris en France. Le second constat est que lorsque ces cartes existent, le potentiel agronomique est rarement déterminé : les sols des zones urbaines et périurbaines ne sont pas suffisamment caractérisés, ils sont généralement représentés par une couleur uniformément grise, les réduisant ainsi à une simple notion de surface.

#### Les pressions foncière et réglementaire

Dans le respect des principes de l'urbanisme et des objectifs généraux de la planification urbaine, l'encadrement législatif de l'offre foncière est caractérisé par un principe d'équilibre entre le développement de cette offre et la gestion économe du sol<sup>(7)</sup>. Cet objectif d'équilibre, au même titre que les dispositifs légaux de lutte contre l'artificialisation, a été renforcé à partir des années 2000, mais sa traduction effective dépend de son degré d'appropriation par les collectivités locales.

On peut observer<sup>(8)</sup> que les aires protégées françaises ont progressé en nombre et en superficie au cours de la période 1998-2016, mais leur progression est différente selon les territoires. En métropole, les surfaces placées sous protection réglementaire ont peu augmenté (elles couvraient 1,4 % du territoire en 2016), alors que dans les départements d'outre-mer (DOM), la progression est nettement plus forte, notamment suite à la création de parcs nationaux en Guyane et à la Réunion (elles représentaient 28,7 % du territoire des DOM en 2016). Quant au réseau Natura 2000, il est stabilisé depuis 2008 à hauteur de 13 % du territoire. Cependant, si les surfaces sous protection ont augmenté, c'est également le cas en matière de détérioration de l'état (de conservation) des milieux (la

(3) On appelle zone critique (critical zone) l'espace allant du sommet de la végétation et de la couche limite atmosphérique à la roche non altérée. Cette zone est le lieu des interactions entre la végétation (couvert végétal), le sol, les altérites, les écosystèmes...

(4) Les sols renferment plus de 50 % de la masse des êtres vivant sur Terre.

(5) Pour préciser le concept de services écosystémiques, il faut distinguer :

- Les « actifs » environnementaux qui sont le « capital » que la nature utilise pour construire les écosystèmes, selon les lois bio-physico-chimiques imposées par la dynamique terrestre actuelle (l'utilisation de mots financiers pour décrire les systèmes biophysiques peut induire des effets pervers en termes d'actions et de représentations) ;
- Les fonctions écosystémiques de production et de transformation de la matière dans la biosphère, qui affectent l'existence des organismes vivants jusqu'à leur mort ;
- Les services écosystémiques, qui correspondent à une partie des fonctions de l'écosystème qui rendent viable notre système anthropisé.

(6) NORTCLIFF S. (2010), "Soil protection – Are we moving in the correct direction? Experience from England and European Union", *Proceedings, 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Brisbane (Australie)*.

(7) SGDD (2017), Artificialisation : de la mesure à l'action, *THEMA Analyse, Territoire*, [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr), 45 p.

(8) Chiffres clés de l'environnement (2016).

dégradation des zones humides a progressé de + 47 % entre 2000 et 2010).

### L'absence d'une vision intégrée du territoire

La gestion par projet et une organisation sectorielle (agriculture, énergie, mobilité, emplois...) sont les principaux freins à l'acquisition d'une vision intégrée des ressources et des risques d'un territoire. À cela s'ajoute le fait que les territoires sont d'autant plus impactés par les décisions et les évolutions externes qu'ils sont de petite dimension. Cette absence de vision intégrée aggrave les risques socio-économiques et peut donc annuler les bénéfices apportés par l'urbanisation (accès facilité aux infrastructures et aux services d'éducation, de santé, à l'emploi). Ainsi, on observe en France deux types d'évolution négative autour des « villes-centres » : la « gentryfication » des centres-villes, avec le rejet en périphérie des populations les moins aisées et parfois, au contraire, la paupérisation de centres-villes abandonnés au profit de villages périphériques qui offrent des conditions de logement plus abordables accélérant ainsi l'étalement urbain, avec, dans les deux cas, l'aggravation de la ségrégation sociale.

### Vision renouvelée du territoire et démarche intégrative

Pour qu'elle ait des chances d'être mise en œuvre, il faut que la démarche soit partagée par les différentes parties prenantes (la population, les autorités locales, les entrepreneurs...), et ce dès son initiation. Une vision à long terme, c'est-à-dire sur quelques décennies, peut être élaborée sur la base d'un diagnostic partagé établi à partir de scénarios pertinents (voir la Figure 1 ci-contre) : « Est-ce ainsi que vous voyez votre territoire dans vingt ou trente ans ? » Cette façon de faire permet de dépasser un horizon immédiat contraint par les actions déjà engagées et des échéances électorales de court terme.

Conformément à la méthode DPSIR<sup>(9)</sup> de l'OCDE (voir la Figure 2 de la page suivante), les différentes étapes à respecter sont les suivantes :

- identification des ressources naturelles et humaines (sols, eau, agriculture, élevage, forêts, mines, démographie, structure des qualifications) ;
- identification des risques et contraintes naturels (inondations, risques technologiques, fragilités, accès aux ressources) ;
- définition d'indicateurs constituant un tableau de bord de l'état du territoire et des données nécessaires à leur estimation ; identification des bases de données existantes ou à construire ;
- choix de modèles dynamiques de l'évolution des indicateurs, y compris les interactions entre les phénomènes qu'ils décrivent ;
- construction de scénarios fondés sur l'analyse de la trajectoire passée du territoire et sur les attentes des différentes parties prenantes : évolution tendancielle (« *business as usual* »), développement socio-économique, dynamique interne ou « forçage » par le contexte extérieur au territoire ;

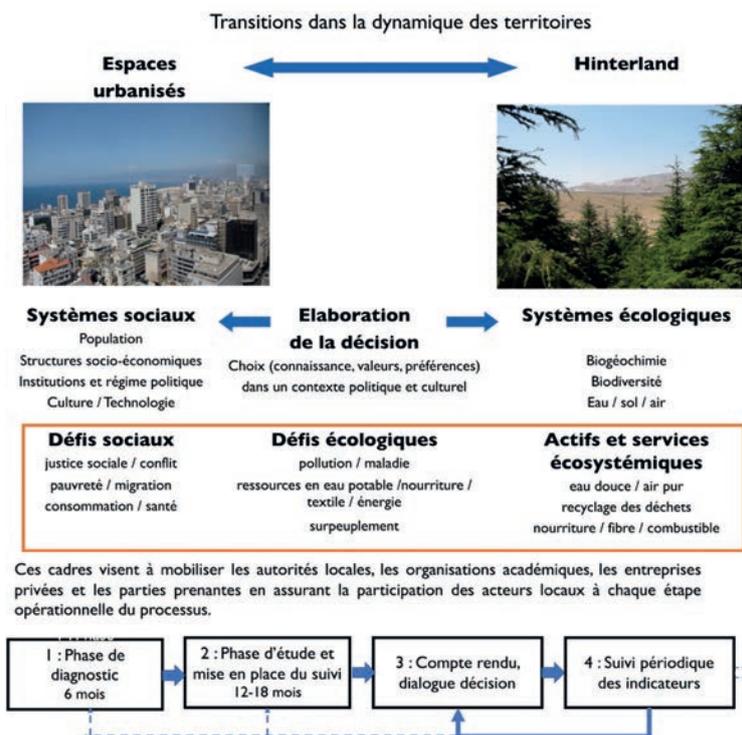


Figure 1 : Cadre d'analyse de la transition dans l'usage des terres et des différentes étapes d'une démarche intégrative prenant en considération l'hinterland dans le développement d'une ville (d'après PRECOS, 2015).

- simulation de la dynamique du territoire et représentation synthétique de l'évolution des indicateurs ;
- identification des risques pesant sur les ressources (épuisement, dégradation) qui conditionnent le développement du territoire, des bifurcations et des points éventuels de non-retour (basculement) susceptibles d'aggraver ces risques ;
- identification des leviers sur lesquels les parties prenantes peuvent agir pour orienter l'évolution dans le sens souhaité.

Cette démarche permet aux décideurs publics comme privés de fonder leurs choix sur une représentation partagée avec les parties prenantes. Elle permet aussi de sécuriser les investissements et d'améliorer l'attractivité du territoire en garantissant la durabilité des ressources sur lesquelles se fonde le développement.

### Initiatives et projets pour progresser

C'est lors du sommet de Rio en 1992 qu'une première prise de conscience collective des changements globaux s'est officiellement exprimée au niveau mondial. Ainsi, parmi les premières initiatives, la méthode ECOLOC (Club Sahel/OCDE, 2001) a montré que la durabilité du développement local d'un territoire devait obligatoirement combiner un développement rural dans l'hinterland des villes (productions végétales et animales et organisation des filières de commercialisation des produits) avec un développement urbain (activités et services).

La démarche illustrée par la Figure 2 a été testée dans un territoire du sud-est de la France, la plaine de la Crau

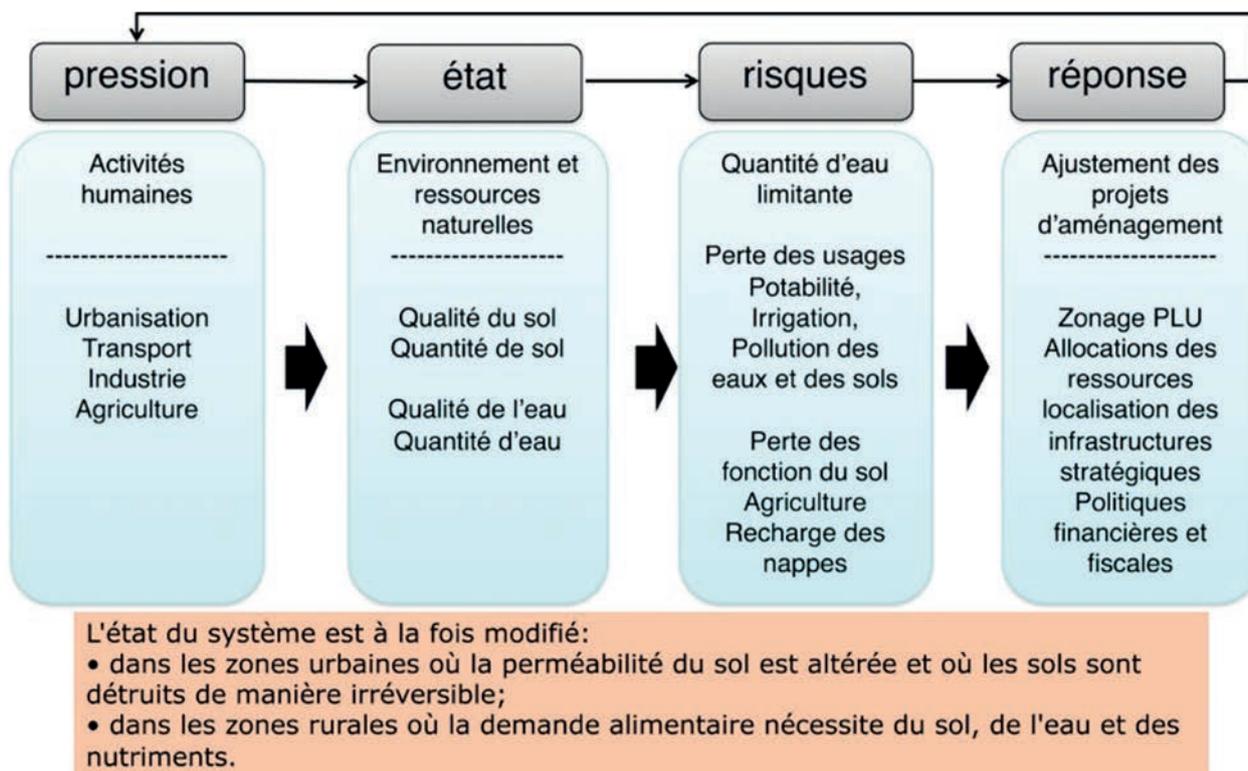


Figure 2 : Paramètres d'analyse des ressources naturelles (sol et eau) sensibles à certaines pressions externes comme la démographie ou le changement climatique, paramètres fondés sur l'approche DPSIR de l'OCDE (Astuce & Tic, 2011).

(dans le département des Bouches-du-Rhône). Grâce au progrès du numérique et à une meilleure accessibilité à l'imagerie satellitaire d'observation de la Terre, une chaîne opérationnelle de traitement de l'information, depuis les données de base jusqu'à l'élaboration d'indicateurs utilisables par les parties prenantes du territoire, a été construite (Trolard *et al.*, 2013). Cette démarche permet également de suivre l'évolution des indicateurs à partir de scénarios prospectifs à moyen terme (voir la Figure 3 ci-après). Les résultats des deux programmes, Astuce & Tic et PRECOS, supports de cette initiative, ont également démontré la faisabilité de cette démarche en Espagne et en Italie (Trolard *et al.*, 2016). Aujourd'hui, elle est adoptée par le Syndicat mixte de gestion de la nappe phréatique

de la Crau (SYMCRU) via les actions du « Contrat de Nappe » (2017-2022).

La prise en compte des interactions possibles entre la ville et son *hinterland* est aussi à l'origine de la démarche EbA<sup>(10)</sup> proposée par le PNUE, en 2015. Ses objectifs sont de : 1) réduire la vulnérabilité des populations urbaines aux impacts du changement climatique en veillant à ce que les fonctions des écosystèmes urbains soient suffisamment assurées dans les scénarios climatiques et socio-économiques actuels et futurs ; 2) fournir des services écosystémiques<sup>(11)</sup> générant de multiples bénéfices en matière d'adaptation et de sécurisation des services urbains critiques ; et 3) renforcer les institutions au niveau national et à celui de la ville pour être en mesure de mieux comprendre les interactions entre les écosystèmes et les villes ; gérer les écosystèmes urbains et protéger les services écosystémiques utilisés par la ville. Ce programme actuellement testé dans une centaine de villes dans le monde devrait offrir à terme une méthodologie unique pour traiter toute une série de problèmes auxquels sont confrontées les villes : élévation du niveau de la mer, inondations, accès à l'eau douce et insécurité alimentaire, effets d'îlots de chaleur urbains...

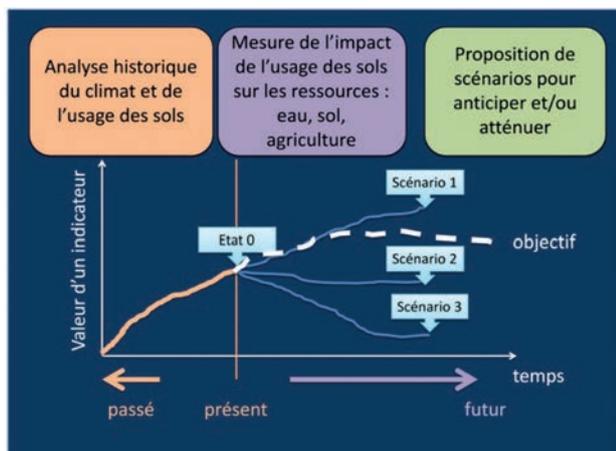


Figure 3 : Exemple de la trajectoire d'un indicateur dans le temps (d'après Trolard *et al.*, 2013).

(9) DPSIR : Diagnostic, Pressure, State, Impact, Response.

(10) EbA : Ecosystem-based Adaptation.

(11) Les services d'approvisionnement, tels que la nourriture et l'eau ; les services de régulation, tels que le contrôle du climat et des inondations ; et les services de soutien, tels que le cycle des nutriments et la pollinisation des cultures.

## Conclusion et perspectives

La progression de l'urbanisation actuellement constatée dans le monde fait que la conception traditionnelle des infrastructures vitales (eau et assainissement) est insuffisante (ONU Eau, 2018).

La sauvegarde des ressources naturelles et la résilience des systèmes de production sont les éléments clés du développement des villes. Compte tenu d'un objectif de zéro artificialisation <sup>(12)</sup> nette en 2050, acté dans la feuille de route « Pour une Europe efficace dans l'utilisation des ressources » de la Commission européenne, la priorité est désormais d'aider les décideurs locaux à se doter d'outils simples et éprouvés qui leur permettent de protéger un patrimoine environnemental qui est essentiel à l'existence des

villes et même à leur survie à terme et d'adopter des politiques, en particulier financières, adaptées à cet objectif.

Compte tenu de la dimension mondiale que revêt ce problème et de l'urgence d'y apporter une réponse, il apparaît également nécessaire de constituer des réseaux d'échanges entre les acteurs confrontés à des problématiques similaires afin de faciliter l'élaboration d'outils de gouvernance, de partager les acquis et savoir-faire et d'organiser la formation des décideurs et autres acteurs du territoire.

(12) L'artificialisation des sols désigne « les surfaces retirées de leur état naturel (friche, prairie naturelle, zone humide, etc.), ou de leurs usages forestiers ou agricoles » (ESCO Ifsttar – Inra, 2017).

### La gestion intégrée des zones côtières

Les zones côtières représentent à travers le monde des espaces particulièrement vulnérables en raison des fortes pressions qu'elles subissent. Elles concentrent à elles seules plus de 50 % de la population mondiale et leurs ressources naturelles sont menacées à la fois par leur surexploitation et les risques de submersion marine liés au réchauffement climatique.

Après avoir souhaité un renforcement de la coopération entre les programmes scientifiques de l'UNESCO (1997), tant au niveau des structures internationales que des comités nationaux, les présidents du COI <sup>(13)</sup>, MAB <sup>(14)</sup>, PHI <sup>(15)</sup> et PICG <sup>(16)</sup> ont placé en champs de recherche prioritaire les zones côtières, également appelées « régions littorales ».

Ainsi, un guide méthodologique d'aide à la gestion des zones côtières a été conçu ; il repose sur la construction d'un système d'information cohérent pour l'aide à la décision. L'objectif est de fournir aux décideurs et aux aménageurs des éléments objectifs et factuels permettant de faire des choix et de gérer les conflits naissant souvent de l'absence de données et d'indicateurs pertinents. Le guide proposé alors n'avait pas la prétention de répondre à toutes les questions liées à la gestion intégrée de la zone côtière, mais seulement d'aider à la mise en place concertée d'outils au service de son aménagement et de sa mise en valeur, et de faciliter la coopération entre les usagers, les gestionnaires de l'information, les scientifiques et les décideurs.

La démarche proposée, déclinée en six étapes (voir la Figure a ci-dessous), permet de gérer l'hétérogénéité de la donnée, d'organiser l'information existante et d'identifier les manques. Elle aboutit à un système triple : d'évaluation, d'interprétation et de communication (voir la Figure b ci-dessous). ●●●

Éléments de référence	ETAPES DE LA DEMARCHE	Éléments locaux
Caractéristiques de la zone côtière	1. Analyse de la problématique	Caractéristiques de la zone côtière étudiée
Unité géographique fonctionnelle	2. Définition d'unités cohérentes de gestion	Echelles de travail
Grille d'entrée des données	3. Qualification des espaces côtiers	Inventaire et mise en forme des données
Normes, classification, typologie	4. Indicateurs et indices	Capacité de charge
Bases de données	5. Systèmes d'information	Maquettage, simulations
Schémas, plans, programmes	6. Orientations, propositions, objectifs	Concertation, validation

D'après Unesco, 1997

Figure a : Étapes de la démarche d'élaboration d'un guide de gestion des zones côtières (d'après UNESCO, 1997).

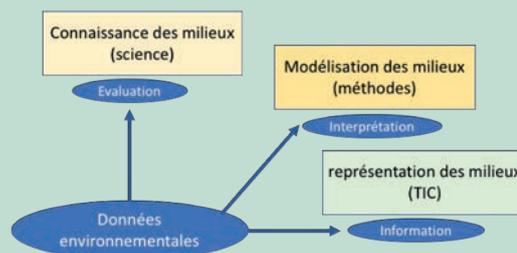


Figure b : Fonctions et domaines d'intervention d'un système intégré de gestion de données environnementales (d'après l'UNESCO, 1997).

(13) COI : Commission océanographique intergouvernementale.

(14) MAB : programme intergouvernemental « L'Homme et la Biosphère ».

(15) PHI : programme hydrologique intergouvernemental.

(16) PICG : programme international de Géosciences (mise en place de corrélations géologiques entre différentes données stratigraphiques mondiales).

●●● Ainsi, dans le cadre d'une problématique donnée (Étape 1), la démarche permet :

- la division de l'éco-anthroposystème côtier en unités géographiques fonctionnelles (Étape 2) ;
- l'évaluation de la santé de l'éco-anthroposystème (Étape 3) en s'appuyant sur les données existantes (paramètres) et leur regroupement par critère ;
- la recherche d'indicateurs et d'indices (Étape 4) suffisamment synthétiques et pertinents pour permettre un suivi dans le temps et l'élaboration d'objectifs de qualité de l'éco-anthroposystème ;
- le système de gestion des données et de représentation de ces dernières (Étape 5) ;
- l'inventaire et l'élaboration négociée des mesures juridiques et institutionnelles et des plans de gestion durable (Étape 6).

À cette démarche élaborée dans les années 1990-2000 s'est ajoutée depuis une dimension supplémentaire, celle de la comptabilité environnementale – ou évaluation des comptes économiques des composantes de l'éco-anthroposystème –, laquelle s'appuie sur des concepts comme l'empreinte écologique, l'eau virtuelle ou les services écosystémiques, qui font aujourd'hui l'objet de grands débats.

Référence : UNESCO, 1997, *Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée de la zone côtière*, Manuels et guides, n°36, 50 p.

## Références

De MORDANT de MASSIAC J. C., TROLARD F. & BOURRIÉ G. (coord.) (2011), « Astuce & Tic », rapport final du FUI 2008-2011, 1480 p.

CLUB DU SAHEL/OCDE (2001), "Managing the economy locally in Africa", ECOLOC handbook, Assessing local economics and their prospects, vol. 1, Summary, Programme de développement municipal, Club du Sahel/OCDE, SAH/D, 511, Paris.

ESCO Ifsttar – Inra, BÉCHET B., LE BISSONNAIS Y. & RUAS A. (coord.) (2017), « Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action », rapport de l'expertise scientifique, 609 p.

ONU Eau 2018, rapport mondial de l'ONU sur la mise en valeur des ressources en eau (à paraître).

PRECOS, TROLARD F. (coord.) (2015), Final Report of Pathfinder, EIT-Climate KIC, 169 p.

TROLARD F., REYNDERS S., DANGEARD M. L., BOURRIÉ G., DESCAMPS B., KELLER C. & De MORDANT de MASSIAC J. C. (2013), *Territoires, villes et campagnes face à l'étalement urbain et au changement climatique. Une démarche intégrative pour préserver les sols, l'eau et la production agricole*, Paris, Édition Johanet, 152 p.

TROLARD F., BOURRIÉ G., BAILLIEUX A., BUIS S., CHANZY A., CLASTRE P., CLOSET J. F., COURAULT D., DANGEARD M. L., DI VIRGILIO N., DUSSOUILLIEZ P., FLEURY J., GASC J., GÉNIAUX G., KELLER C., LECHARPENTIER P., LECROART J., NAPOLEONE C., MOHAMMED G., OLIOSO A., REYNDERS S., ROSSI F., TENNANT M. & VICENTE LOPEZ J. (2016), "PRECOS framework: measure the impacts of global changes on soils, water, agriculture on territories to better anticipate the future", *Journal of Environmental Management* 181, pp. 590-601.

# Réduire l'étalement urbain : mission (im)possible ?

Par Christian GARNIER

Ingénieur ECP, urbaniste et pilote du réseau « Villes et territoires soutenables » de la Fédération France Nature Environnement

La consommation d'espace est consubstantielle à la croissance urbaine et à des mouvements démographiques. Son expansion rapide, pourtant manifeste, est restée très longtemps occultée chez les professionnels et les décideurs qui la considéraient comme normale et ne posant aucun problème, la France étant l'un des moins densément peuplés des grands pays européens. D'introduction récente – presque par effraction –, le principe de réduction de la consommation d'espace est désormais inscrit dans notre cadre juridique. Il peine à se concrétiser, socialement et politiquement, en raison de facteurs structurels multiples et profonds. Toutefois, la nouvelle donne environnementale et géopolitique augure de vraies remises en cause. On peut espérer que les tentatives de certains territoires visant à prendre en main la question ne resteront pas à l'état de prototype. En partenariat avec Veolia, FNE a établi un diagnostic sans complaisance, avant d'examiner des pistes de solutions concrètes, nourries par l'expérience du terrain.

## La prise de conscience de l'ampleur du phénomène

Lutter contre l'étalement urbain, limiter la consommation des espaces agricoles et naturels, rendre « la ville » plus compacte, plus « intense », aller vers un urbanisme des courtes distances et de proximité : autant de formules qui font aujourd'hui presque figure de slogans, depuis que cette problématique a fait, assez récemment, son apparition sur la scène publique.

Certes, déjà en 1977, paraissait la brochure *Attention mitage*, sous le tampon du ministère de l'Équipement, qui mettait en garde les maires contre les coûts induits par les lotissements construits hors agglomération, principalement à la charge des collectivités. Mais, à l'époque, les actions de ce type avaient pour premier moteur une sorte d'éveil aux mutations du paysage, l'amélioration rapide du niveau de vie autorisant de porter le regard au-delà des soucis plus matériels. Témoignent de cet essor aussi bien la création des parcs naturels régionaux à partir de 1967, la sortie du film *Littoral en détresse* en 1971 – année de création du ministère de l'Environnement –, le grand succès populaire de la série télévisée *La France défigurée* (1971-1977), diffusée par TFI, ou encore l'édition par ce même ministère de multiples brochures de conseils à l'attention des élus et des aménageurs, alors que la loi sur l'architecture instaurait les CAUE en 1977. La préoccupation du moment est clairement paysagère, et l'enjeu de

la ressource espace n'est alors perçue que par une toute petite minorité d'acteurs.

C'est en voulant faire prendre conscience du caractère galopant de la consommation des terres qu'est apparue la nécessité de trouver une image parlante, donnant à voir, par-delà la dégradation du paysage, le poids de ce phénomène occulté à l'échelle nationale et des perspectives qu'impliquait sa poursuite. C'est ainsi qu'est née, par un calcul très élémentaire, la fameuse formule de « un département français tous les sept ans » – rythme qui s'est un peu ralenti après la crise de 2008, pour s'établir à un département tous les dix ans, avant de repartir de plus belle. Après l'avoir testée avec succès, devant le public de mes étudiants en architecture et élèves-ingénieurs de l'École Centrale, l'équation quantitative était dès lors posée et comprise du plus grand nombre.

## Au-delà des chiffres, un phénomène préoccupant et plus insidieux

Mais pour bien appréhender la consommation d'espace, on ne peut s'en tenir aux seuls chiffres bruts des superficies retirées à l'agriculture et à la nature.

Déjà, près de vingt ans avant cette prise de conscience tardive de la régression quantitative de l'espace « libre », une première petite révolution mentale avait discrètement ouvert une autre perspective.

Issue dans les années 1950-1960 de cercles restreints de spécialistes, la critique naturaliste de la destruction des milieux naturels et des mutations brutales du monde rural a commencé à percoler<sup>(1)</sup>, dans le sillage de la dénonciation de l'altération des paysages. Progressivement, cette critique s'est invitée à son tour sur le devant de la scène publique. Ce n'est pas un hasard si le premier ministre en charge portait le titre de ministre de la Protection de la nature et de l'environnement, au moment de sa création en 1971, et récupérait la compétence de l'État en matière de sites et paysages précédemment dévolue à la Culture – où elle devait retourner plus tard, avant de finalement revenir au sein de la direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP). En écho aux cris d'alarme d'une poignée d'éminents scientifiques, les associations de protection de la nature s'étaient multipliées et mobilisées. Même si le mot n'était pas encore là, et si leur parole usait d'un vocabulaire plus accessible, leur combat se cristallisait autour de « l'anthropisation des écosystèmes », qui est le second visage de « l'artificialisation » des territoires.

Pour nombre de biologistes-écologues, la forme d'artificialisation que génère la « dégradation » physique des milieux vivants, s'avère à court terme au moins aussi lourde de conséquences, sinon davantage, que la destruction pure et simple de milieux naturels et de terres agricoles sous la pression de la construction, tant elle a pris de l'ampleur. Qu'il s'agisse de remaniements agricoles, forestiers ou autres, d'extractions minières à ciel ouvert, de décharges ou dépôts de matériaux divers en remblai, de nivellements et terrassements, ce sont les fonctionnalités et la qualité écologiques des terres qui se trouvent mises en cause. Dans cette optique, le « bon sol » est supposé être celui présentant une richesse biologique et écologique, et des propriétés géomorphologiques correspondant à celles des sols naturels (ou travaillés en respectant l'agronomie), en place dans le territoire considéré – ou qui l'ont été. Au tournant des années 1960-1970, le remembrement agricole a été la figure emblématique de ce type d'artificialisation, avec son cortège de travaux d'arrachage de haies et de drainage pratiqués sans discernement. Une figure qui perdure jusqu'à nos jours, même si elle a un peu régressé<sup>(2)</sup>.

L'initiative en faveur d'une directive européenne sur les sols a certes été liée aux graves problèmes rencontrés historiquement par les pays de vieille industrie, comme l'Allemagne, la Grande-Bretagne, la Belgique ou la France, pays tous confrontés à la multiplication de friches profondément polluées et, du coup, très difficiles à réutiliser. Pour autant, le champ de ce projet de directive devrait également couvrir « l'artificialisation qualitative » par aménagement et remaniement physiques des terres, et pas seulement leur pollution chimique<sup>(3)</sup>.

À ce stade de l'analyse, il faut encore pousser plus loin l'inventaire et regarder d'autres aspects majeurs de l'artificialisation qualitative. Généralement marquée par l'anthropisation des milieux, et surtout par le travail de la terre, la qualité pédologique du sol est un paramètre conventionnel en matière agricole. Les points que l'on accorde aux parcelles lors des opérations de remembrement en donnent une illustration éloquente. Ce qui revient à dire

que, d'un point de vue écologique (agro-environnemental), « consommer » un hectare de terres à tel endroit n'est *a priori* pas la même chose que consommer un autre hectare à un autre endroit du territoire. Et ce qui vaut localement, vaut *a fortiori* à des échelles plus larges. On voit poindre ici une des difficultés premières de la « compensation », un sujet de polémique récurrent.

Lorsque les communautés humaines se trouvent contraintes de s'assurer des positions défensives, ou cherchent en temps de paix et de prospérité à valoriser leur habitat par une bonne exposition climatique et des vues dominantes, les extensions urbaines vont plutôt se développer sur des éminences, des éperons ou des coteaux privilégiés. Elles vont s'installer en gérant de manière discriminante un foncier rare. À l'inverse, l'urbanisation banale et la spéculation immobilière ordinaire vont s'orienter vers le foncier le moins onéreux possible et le plus facile à équiper en réseaux divers. Ce qui conduit à occuper en priorité des espaces agricoles ou naturels aussi plats que possible, comme on peut le voir aussi bien en plaine qu'en montagne, au détriment des champs d'expansion des rivières, des fonds de vallées d'altitude ou des estuaires. Les zones humides alluviales, qui rendent de très importants services écosystémiques, et beaucoup de terres maraîchères périurbaines en font alors massivement les frais. De même, les meilleures terres cultivables en montagne ont dû supporter la construction de quantité de stations de sports d'hiver. Ainsi, le marché foncier reflète par ses disparités une partie importante des inégalités de valeur, y compris du point de vue environnemental (paysage, bruit, pollutions, cadre de vie, conditions de vie).

Mais ce mécanisme ne suffit pas pour traduire l'ensemble des inégalités écologiques que supportent des populations pauvres contraintes de vivre sur des territoires défavorisés. On sait bien également que le marché peut attribuer des

(1) Elle existait bien sûr depuis beaucoup plus longtemps, et d'une certaine manière, Marx lui-même en amorçait déjà la critique économique. Mais c'est dans l'après Seconde Guerre mondiale qu'elle devient une préoccupation de la communauté scientifique et des gouvernements, comme en atteste la création de l'UICN, en 1948, à Fontainebleau (une création reportée en raison du conflit de 1939-1945).

(2) Entre 1996 et 2008, la perte de linéaire boisé bocager a été évaluée à 21 872 km (207 398 - 185 526), soit 1 988 km/an (DRAAF Bretagne, « Résultats de l'enquête régionale sur les haies en 2008 », Agreste, juin 2010-4). Les haies bocagères existantes représentaient 148 000 km de linéaire bocager en 2008, sur 182 500, soit environ 80 %. La perte sur la période était légèrement supérieure à 1 % par an, malgré les replantations opérées (1,1 %).

Plus récemment, la DRAF Bretagne (Commission départementale d'aménagement foncier, 2017) estimait à 400 km la perte annuelle nette de haies (déduction faite des replantations) pour le Finistère, en moyenne approximative. Le ralentissement de la déforestation paraît significatif, mais la perte demeure très importante.

(3) Un point, par exemple, très clairement évoqué dans les plaidoyers du Bureau européen de l'environnement (BEE-EEB) et de ses membres, dont la lettre adressée par FNE au Premier ministre, François Fillon, en date du 13 juillet 2007. La simple mention de cette date souligne la difficulté à concrétiser le projet de directive, puisqu'il n'a toujours pas abouti en raison des enjeux considérables qui s'y attachent : affaires de pré carré pour les États, risques de responsabilité sociale et financière pour les acteurs économiques – entreprises et agricultures industrielles en tête.

valeurs foncières ridicules à des portions de territoire qui procurent pourtant des services écologiques majeurs, ou possèdent une valeur essentielle de patrimoine collectif. C'est ce constat d'évidence qui a d'ailleurs motivé d'indispensables mesures de protection pour une vaste panoplie de sites allant de l'archéologie à la biodiversité, en passant par les paysages ou la géologie. C'est même ce qui conduit aujourd'hui à mettre en place divers dispositifs réglementaires de préservation de terres agricoles dont la valeur vénale ne reflète plus du tout leur valeur en tant que patrimoine collectif<sup>(4)</sup>, dénommé à tort ou à raison par certains « bien commun ». En Suisse, chaque commune est tenue de rester en mesure d'assumer l'autonomie alimentaire de sa population en cas de crise majeure, et donc de conserver un seuil minimum de terres ayant la capacité d'accueillir une agriculture de subsistance.

Il est toutefois une autre dimension qualitative de la consommation d'espace qui paraît fondamentale en termes d'analyse spatiale : celle de la situation topologique des terres ainsi « artificialisées » – le terme « topologie » étant pris ici dans son sens étymologique de l'analyse de la situation (localisation) relative des objets dans l'espace, les uns par rapport aux autres, et, par ricochet, la caractérisation des formes géométriques que présentent leurs relations réciproques, comme c'est le cas en informatique pour la classification des réseaux par type (en arbre, en bus, en anneau, en étoile, maillé, etc.). La question de la localisation est d'une évidence criante pour quiconque cherche à se loger et vivre en un lieu, tout comme pour les entreprises désireuses de trouver où s'installer, ainsi que pour la quasi-totalité des acteurs de l'aménagement.

La politique ministérielle de lutte contre le « mitage » des années 1970-1980<sup>(5)</sup>, bien que principalement orientée vers la protection des paysages ruraux, entrait déjà dans des considérations topologiques, puisqu'elle visait à combattre un développement urbain dispersé, éclaté, dans des territoires pratiquement vierges de constructions<sup>(6)</sup>.

Aujourd'hui, l'un des exemples caractéristiques que l'on observe fréquemment dans de nombreuses petites ou moyennes agglomérations en zone rurale, consiste en des extensions linéaires le long de certaines voies pénétrant de vastes zones agricoles. Ces dernières se voient progressivement fragmentées, et des ensembles fonciers cohérents pour les exploitations peuvent perdre plus ou moins rapidement cette qualité, ce qui menace l'avenir même des activités agricoles sur des zones étendues. Du coup, les propriétaires se mettent à pousser à la conversion de ces terres en terrains urbanisables, parfois dans des périmètres étendus à l'échelle communale, voire intercommunale. Une telle fragmentation joue alors un puissant rôle d'accélérateur de la consommation d'espace.

Ce qui est alors en jeu, c'est la morphologie des territoires et des agglomérations à plusieurs échelles, depuis le quartier jusqu'au village ou au bassin de vie. En ce qui concerne les agglomérations, la question était déjà bien présente dans la brochure *Attention mitage*. Elle l'était davantage encore dans le programme (1979-1982) des opérations « greffes » lancé dans la foulée pour, précisé-

ment, proposer une alternative aux petites et moyennes communes voulant surtout construire des lotissements. Ces opérations avaient pour but de travailler sur des extensions cohérentes, s'insérant le mieux possible en lisière de l'existant, en jouant à la fois sur une intégration morphologique (fonctionnalités, usages...) au tissu urbain existant et sur une intégration visuelle à l'échelle communale, et au-delà.

Plus tard, ces préoccupations sont revenues par diverses fenêtres, autour de la création de zones d'activité, puis de la problématique des « entrées de ville », et aujourd'hui des écoquartiers, que ce soit en renouvellement urbain (cas majoritaire) ou en extension urbaine.

L'une des questions majeures de la période récente en matière de consommation de l'espace est celle de la multiplication hors agglomération des grandes surfaces commerciales, de zones d'activités<sup>(7)</sup> ou de loisirs, et de plateformes logistiques routières. Même si la question n'est pas entièrement nouvelle, comme le montrent les développements industriels et miniers en rase campagne du passé, les phénomènes de « champignonnage » et d'éclatement topologique de ces extensions urbaines ont pris des proportions considérables dans les régions sous tension. Leur logique d'implantation est à rebours de celle de la ville européenne plutôt dense et resserrée, et pose, au moins pour les métropoles, un redoutable défi en matière de mobilités, d'environnement et de qualité de vie – sans parler de robustesse, de sécurité et de soutenabilité. En termes quantitatifs, les experts de terrain estiment que la part d'artificialisation attribuable au commerce et autres activités peut atteindre 20 à 30 % des nouvelles surfaces aménagées autour des métropoles, là où la pression est forte<sup>(8)</sup>. Ce ratio approximatif doit être pris pour ce qu'il

(4) Outre les traditionnelles zones à vocation agricole (NA) des PLU, en gros inconstructibles, on trouve les zones agricoles protégées (ZAP), servitudes d'utilité publique instaurées par arrêté préfectoral à la demande des communes, et les périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN), instaurés par le département avec l'accord de la ou des communes concernées.

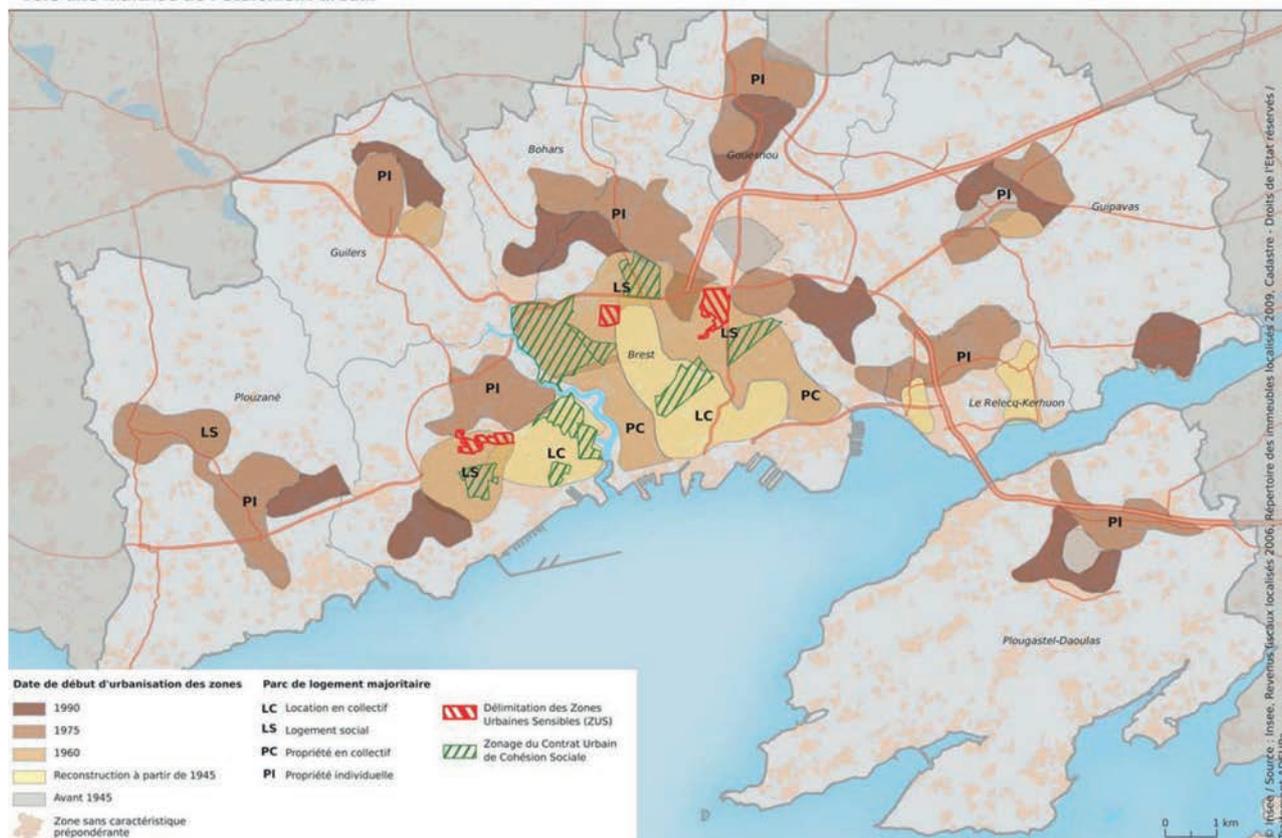
(5) Ministère de l'Équipement-DAFU (1977), Attention mitage.

(6) La notion de mitage n'a pas totalement disparu en urbanisme et reste même bien présente dans la réflexion. C'est, par exemple, le cas dans : Commissariat général du Développement durable (2012), « Urbanisation et consommation de l'espace, une question de mesure », Revue du CGDD, mars 2012, 106 p.

(7) Plus de 24 millions de m<sup>2</sup> de locaux mis en chantier en 2016, Statistique publique (2017), Stat Info, Logement-Construction, n°4, février 2017 – pour 37,7 millions autorisés.

(8) Ibid note 7. L'enquête CORINE Land Cover 2000-2006 indiquait, pour la France, une consommation de 230 km<sup>2</sup>, soit plus des deux tiers de la progression annuelle nette de l'artificialisation pour l'habitat (330 km<sup>2</sup> par an, sur la même période) CGDD (2012), p. 30. Ces chiffres sont repris dans SEEIDD (2017), Artificialisation, de la mesure à l'action, Thema, janvier 2017, ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer. Ils sont issus des données Eurostat Corine Land Cover. L'application de la méthode Teruti-Lucas développée par le ministère de l'Agriculture, beaucoup plus fine et toujours nettement au dessus de CLC, donnait une consommation totale de 54 000 ha, soit 540 km<sup>2</sup> par an sur la période 2008-2014 (« un département tous les onze ans ») – ADEME, Les sols portent notre avenir, 2015. En revanche, elle donne une consommation par l'industrie et le commerce nettement plus faible, de 300 km<sup>2</sup> entre 2006 et 2014, environ 1/7<sup>ème</sup> de l'habitat individuel, en moyenne.

## LE DÉVELOPPEMENT URBAIN DE BREST MÉTROPOLE OcéANE À TRAVERS LE PRISME DE LA CONSTRUCTION DE LOGEMENTS Vers une maîtrise de l'étalement urbain



est, mais, sous la réserve de disparités très importantes selon les territoires, il n'en reste pas moins très élevé et peut être regardé comme disproportionné, au moins sur un plan qualitatif. En effet, la croissance rapide des implantations dispersées des activités et du commerce a non seulement induit un étalement urbain sans précédent autour des pôles en croissance, y compris sur des zones à enjeu de biodiversité et/ou à risque, mais elle a également entraîné à beaucoup d'endroits une fragmentation accélérée des territoires. Ce qui pose de nombreuses questions immédiates, contraint l'éventail d'usages potentiels des sols à l'avenir et hypothèque les capacités d'adaptation des territoires. Il semble que l'on ne dispose pas aujourd'hui de statistiques ou de méthodes de quantification validées permettant d'analyser ces phénomènes d'« éclatement urbain », pourtant bien lisibles sur les photos satellitaires et les cartes ; il faut espérer que l'on pourra disposer prochainement d'indicateurs pertinents.

### Une action politique confrontée à de multiples inerties

Affronter politiquement le problème de l'endiguement de l'artificialisation et d'une meilleure gestion de l'espace suppose de bien en saisir les mécanismes et les causes profondes. Sans ignorer l'existence d'une abondante littérature, la Fédération FNE et l'entreprise Veolia, acteurs de terrain issus d'univers différents, ont néanmoins ressenti le besoin de reprendre ce dossier à bras le corps, en confrontant leurs expériences.

Afin de partir d'une base partagée, elles ont donc produit un premier opuscule autour des « éléments de définition et termes du débat » (2013). On y croise des réflexions désormais assez largement partagées sur les causes et les conséquences. Mais également d'autres moins immédiates, voire occultées, et aussi éclectiques que la retraite des agriculteurs, la critique de l'utilisation opérationnelle de zonages servant de supports aux statistiques, l'introduction d'une notion d'espaces semi-artificialisés (réversibles), une synthèse qualitative des avantages-inconvénients potentiels de la densité, et des informations thématiques sur les services urbains déployés selon la morphologie et la densité de l'habitat.

À ce premier constat commun, on est tenté d'ajouter d'autres éléments fondamentaux. Certains remontent parfois à la Révolution, qu'ils relèvent du droit ou d'une perception collective profonde des Français. Citons le mythique droit de propriété avec son *usus* et *abusus* et le rêve de l'habitat individuel, ou bien encore les mécanismes économiques de la capitalisation financière par la possession de terres, avec notamment la prime à l'hectare allouée aux agriculteurs, capitalisation qui se transforme maintenant en course au foncier sous la pression d'une demande internationale alimentée par les marchés financiers. Sans compter un système fiscal immobilier et foncier qui, malgré certaines améliorations comme la taxation des plus-values des terrains nus rendus constructibles ou la généralisation des EPF (établissements publics fonciers), continue de participer à un urbanisme « centrifuge ».

Cette brève énumération de quelques facteurs structurels suffit à marquer l'ampleur des difficultés politiques qui font souvent hésiter, sinon reculer les élus, mais indique aussi un certain nombre de directions pour agir.

## Le passage à l'action

Une seconde étape après la publication de 2013 a eu pour but de formaliser un guide proposant des pistes concrètes de lutte contre l'artificialisation, à l'attention des élus et des associations. Il n'y avait ni le souhait ni les moyens d'écrire une encyclopédie, juste une volonté de définir un cadre et sélectionner quelques sujets clés qui devaient faire l'objet de fiches pratiques. Nous avons dès lors décidé d'adopter une méthode originale et de prendre comme pivot de notre travail une enquête de terrain réalisée auprès d'acteurs clefs (élus, agences d'urbanisme, établissements fonciers, techniciens...), engagés dans des politiques et programmes opérationnels concourant à limiter l'étalement urbain. L'échantillon retenu résulte du croisement de divers paramètres, principalement : échelons communal et intercommunal, secteurs sous tension et subissant une dépression, responsables politiques et agents en charge d'opération.

Dans tous les cas de figure, il apparaît comme prévisible que les initiatives significatives s'inscrivent dans des projets de territoire porteurs d'une vision d'ensemble et qu'elles se veulent de nature stratégique. Ce qui signifie qu'elles sont pilotées politiquement, même si elles mettent généralement en scène différents acteurs jouant un rôle moteur ou d'accompagnement. Les dynamiques de coopération y sont donc importantes, notamment entre collectivités territoriales. Mais elles se heurtent assez souvent à des périmètres de compétence qui peuvent en limiter la portée au sein d'un bassin de vie ou d'une intercommunalité, des horizons pourtant incontournables. Les documents d'urbanisme sont naturellement voués à tenir une place majeure dans les dispositifs d'intervention, notamment par la détermination de ce qui est constructible ou ne l'est pas.

Mais quoi qu'en dise désormais la loi, on sait à quel point il est difficile de changer fortement de cap en la matière – surtout si l'on ne veut pas trop irriter les électeurs –, et de faire adopter une autre vision du développement local, même si l'on est porteur d'un Agenda 21 ou d'une stratégie de ce type. Il n'est pas rare de voir fixer des objectifs de consommation d'espace fondés sur des hypothèses démographiques et de construction peu réalistes, ou en tous cas peu souhaitables en termes de « resserrement urbain », qui viennent contredire des politiques de reconquête et de valorisation des centres-villes, censées s'appliquer au même territoire. Autant dire que les exemples les plus remarquables de lutte contre l'étalement urbain supposent une volonté politique, des outils techniques et une capacité à trouver des compromis équilibrés entre intérêts privés et intérêts généraux, d'autant plus forte que les pressions le sont aussi.

Pour leur projet d'économie de l'espace, les collectivités ont besoin de se forger des stratégies de l'habitat fondées

sur une bonne connaissance des attentes de la population et des acteurs économiques, mais aussi sur une bonne connaissance du marché. En effet, on constate que des programmes de logements en extension ne trouvent pas facilement preneurs ou finissent par accueillir une autre population que celle qui était attendue, plus favorisée. C'est typiquement le cas pour l'accueil de jeunes couples aux ressources limitées dont la solvabilité n'a pas été prise en compte, auxquels on propose des lotissements communaux en accession qui finiront par n'accueillir que des ménages établis, proches de la cinquantaine, dont la progéniture a peu de risque de venir garnir les effectifs des classes élémentaires des écoles que l'on s'imaginait ainsi pouvoir conserver<sup>(9)</sup>.

Parmi la multitude des sujets indispensables à traiter, comme la mobilité ou la concertation interne et externe des collectivités, l'action foncière revient comme un leitmotiv, quelles qu'en soient les déclinaisons pratiques : renouvellement urbain, reconquête de friches, nouveaux quartiers, aménagement commercial, protection des terres agricoles, création de parcs et jardins, etc. Parmi les divers exemples que nous avons étudiés, Marpent, petite bourgade d'une vallée de la Sambre menacée de déclin suite à une désindustrialisation brutale, montre les résultats tangibles d'une politique foncière qui fait feu de tout bois, tout en restant néanmoins très stratégique, car entièrement articulée avec le PLU – lequel est adossé à l'objectif « zéro artificialisation ». Elle montre aussi bien les marges d'action dont dispose une municipalité déterminée à ne pas pratiquer une politique au fil de l'eau que la panoplie des outils fonciers disponibles (négociation ponctuelle et directe avec des propriétaires fonciers, préemption, expropriation, coopération avec l'EPCI intercommunal et l'EPF régional, négociation avec les promoteurs, procédure d'abandon manifeste, majoration de la taxe foncière sur le foncier non bâti en zone constructible, utilisation d'aides publiques diverses, etc.).

Il n'est donc pas surprenant que ce guide pratique consacre quatre de ses neuf fiches aux « modes d'emploi » relatifs à des outils fonciers (observation, maîtrise, restructuration, ZAC), en regardant ce que les personnes et organismes publics (collectivités territoriales, EPF, SAFER...) interviewés ont mis en place et exploité, en particulier pour la détermination des secteurs à densifier ou à protéger, ou ont précisé quant aux précautions indispensables à prendre pour assurer la bonne insertion d'une ZAC dans un contexte de renouvellement urbain. Les processus suivis pour des ZAC emblématiques (Capucins à Brest, Boucicaut à Paris) ont ainsi été analysés.

En matière de restructuration foncière et immobilière, des cas assez contrastés, comme Tremblay-sur-Mauldre et la Provence Verte, montrent ce que des collectivités ont réussi à structurer, au prix d'un travail de plusieurs années : les uns, pour concrétiser la restructuration d'un habitat pavillonnaire, les autres, pour la protection de zones

(9) Comme le pointe l'association Adéquation, voir la Bibliographie.

agricoles et de paysages de qualité. Dans les deux cas, outre l'investissement des élus, ces restructurations ont demandé une bonne dose d'inventivité, de communication et l'apport de regards et savoir-faire venus de l'extérieur. On y voit néanmoins le reflet, classique en urbanisme, de la fragilité d'équilibres politico-techniques qui perdurent à ce jour, mais qui sont susceptibles d'être remis en cause à l'occasion d'une nouvelle mandature. La fiche *ad hoc* liste donc diverses questions qui se posent à ces collectivités. Comme le développe plus loin la fiche consacrée à la concertation, l'un des enjeux essentiels de telles actions est celui de l'appropriation des projets par la population et leur ancrage dans une légitimité faisant largement consensus.

Au passage, l'analyse de la restructuration du pavillonnaire souligne les limites et les risques de la méthode Bimby<sup>(10)</sup>, si l'on passe à une échelle urbaine. La démarche des CAUE, qui s'intéressent à l'habitat en allant bien au-delà de la seule production de nouveaux logements, aide à penser cette restructuration comme une opération permettant d'apporter des services et des équipements de proximité qui font généralement défaut dans les quartiers pavillonnaires concernés, qu'il s'agit aussi de requalifier. Cela peut demander aussi un accompagnement comportant la mise à niveau de l'assainissement collectif, le réaménagement des voiries, la création de passages ou de liaisons avec les quartiers environnants, etc.

La partie la plus originale du travail réalisé tient à deux fiches assez détaillées, traitant de deux sujets très intriqués : la fiche n°1 « La morphologie du territoire, outil pour l'action » et la fiche n°2 « Le paysage, outil d'un aménagement économe et valorisant ». La différence entre ces deux entrées peut s'exprimer ainsi : la morphologie traite de la géométrie des formes (en trois dimensions) que présentent le bâti comme le non-bâti (volumétries, parcellaire, etc.) dans un territoire, et le paysage (pris ici comme « donné à voir<sup>(11)</sup> » susceptible de générer des perceptions) traite des représentations et des perceptions visuelles permises par ce territoire (entités paysagères, points de vue, parcours...) en faisant abstraction des typologies morphologiques<sup>(12)</sup>.

L'étalement urbain, et son contraire, le resserrement, sont doublement concernés par la morphologie et le paysage, comme déjà signalé à propos du mitage et des opérations « greffes ». Les diagnostics qu'il est possible d'établir sous ces deux rubriques peuvent ainsi apporter des éléments d'évaluation et de choix pour les zonages, d'aide à la détermination des points et zones sensibles, des éléments à valoriser... En principe intégrés aux PADD (projets d'aménagement et de développement durable), eux-mêmes pièces constitutives des documents d'urbanisme, ils permettent de formuler des préconisations en matière de document d'orientation à valeur prescriptive (OAP des PLUi ou DOO des SCOT<sup>(13)</sup>), de règlements de zones, d'examen d'autorisations du droit des sols (permis de construire...). Mais ils peuvent être extrêmement utiles dans toutes sortes de démarches et d'opérations proactives, en apportant à la fois un certain recul, une mise en contexte et des éléments de conception : écoquartiers,

cahier des charges de programmes de construction, travaux d'aménagement, requalification et mise en valeur de zones ou d'espaces (places, parkings, entrées de ville, parcours à traiter...) et même Agendas 21, plans de déplacements, plans nature en ville, plans climat-énergie, gestion des eaux...<sup>(14)</sup>

On ne prendra que deux exemples relatifs aux extensions urbaines et à la densification.

La question qui se pose à toute commune connaissant une forte expansion est celle du choix des nouveaux secteurs à urbaniser (AU) et de leur gestion. Bien qu'il n'y ait que des cas d'espèce, la tentation, on l'a vu, est souvent forte de laisser l'urbanisation se développer le long de voies de communication rayonnantes, par commodité, ou par habitude, poussant à la fragmentation de l'espace agricole ou naturel, alors que nombre de terrains restent disponibles et proches des réseaux existants dans le périmètre de l'agglomération. Un bon diagnostic morphologique aide à recenser ces espaces, leurs dessertes potentielles, leur éventuelle vocation au regard de la cohérence des îlots et des voies, et des usages constatés, et à les classer par ordre de priorité. De son côté, le diagnostic paysager fournit des indications complémentaires permettant d'évaluer l'opportunité ou les inconvénients de telle ou telle extension, et de hiérarchiser les terrains en fonction de leur situation paysagère. On pourra s'appuyer notamment sur la définition des unités ou entités paysagères et de leurs caractéristiques (structure, intérêt, points sensibles...), de la présence ou non de limites paysagères de qualité (fronts urbains, lisières ou boisements linéaires...), de l'existence de points, de parcours ou de cônes de vue privilégiés... pour ne mentionner que des notions assez simples. Toutes ces données peuvent aider le choix des extensions, et à planifier un développement progressif et de qualité dans les zones ouvertes à l'urbanisation, surtout si elles sont relativement étendues : plutôt que de laisser se réaliser des opérations de manière spontanée, au gré de tout un chacun, la municipalité peut encourager une sorte de phasage, notamment en décidant de ne mettre en place les réseaux publics communaux

(10) *Renversement du Nymby en Bimby, build in my backyard (construisez dans mon jardin).*

(11) *Expression introduite par Garnier, Legrand et Radureau à l'occasion de leurs travaux à Eco-Projet sur le paysage urbain, travaux en partie publiés dans la revue Métropolis dans les années 1970.*

(12) *Pour prendre une image triviale, le paysage est un peu ce que l'on peut voir sous le réverbère allumé, avec ou sans lune, la morphologie étant ce qui reste des formes lorsque le réverbère est totalement éteint dans la nuit noire absolue ! On s'abstient de rentrer dans les débats intéressants, mais sans limites, sur les définitions du paysage qui varient selon les disciplines, les écoles et les individus, et dans la mesure où il existe des acceptions extensives intégrant, par exemple, le bruit et les odeurs (qui ont leur légitimité littéraire et artistique). Notre propos est ici de parler des méthodes et outils de travail utilisés pour analyser et projeter en aménagement.*

(13) *OAP : orientation d'aménagement et de programmation ; PLUi : plan local d'urbanisme intercommunal ; DOO : document d'orientation et d'objectifs ; SCOT : schéma de cohérence territoriale.*

(14) *Il s'agit de pallier ici une lacune très répandue dans les appels à propositions et cahiers des charges en aménagement, du fait des carences de l'AMO (assistance à maître d'ouvrage) en ces matières.*

que de façon progressive en recherchant ainsi le maintien ou le renforcement d'une certaine compacité urbaine.

Second cas de figure, la « densification » par renouvellement, extension ou construction de « dents creuses », soulève encore davantage de questions, avant tout en raison des usages et modes d'occupation existants – y compris les friches. Si les facteurs financiers et occupations existantes tiennent en général le premier rôle, le cadre de vie et les aspects environnementaux (au demeurant nombreux) suivent souvent de très près. Usages, mobilité, énergie, climat, paysage, biodiversité, gestion de l'eau et des risques... la liste est longue. Dans la sélection des parcelles concernées, la définition des programmes, puis la conception des projets, chacun de ces points sera plus ou moins mis en avant, selon les enjeux. Mais deux aspects sont toujours à prendre en compte. Si le paysage est pris dans l'acception du paysagiste d'aménagement (paysagiste-urbaniste), cette entrée peut être fédératrice de la plupart des thématiques sectorielles de l'environnement et, pour partie, de l'usage et de l'appropriation des espaces. Par ailleurs, si personne n'utilise dans les débats le mot « morphologie », hormis quelques professionnels, c'est bien finalement dans la « mise en forme » des projets, dans la définition précise des morphologies aux différentes échelles, que se règlent un certain nombre de problèmes (en matière de climat, d'eau, d'énergie, de biodiversité...) et d'usages ! La bonne compréhension paysagère et morphologique des « dents creuses », des opérations de densification, et de leur contexte paraît donc une option de bon aloi, si l'on veut trouver des actions de densification qui rencontrent une bonne acceptabilité sociale, une fonctionnalité à la hauteur des enjeux de notre époque, et représentent souvent aussi un coût financier optimisé caractéristique des réponses intégratrices.

### Mission impossible, ou révolution mentale et refonte des pratiques ?

« Peu [de personnes], aujourd'hui, contestent l'enjeu de la lutte contre l'étalement et la pertinence d'une densification urbaine, que les récents grands engagements internationaux sont venus scander encore plus clairement (COP21, objectifs du développement durable, etc.). Mais comment agir ? Comment répondre correctement à l'objectif ? Comment faire adhérer la population – et donc les élus qui la représentent – à une densification qui continue de faire peur ? ». C'est dans ces termes que Vincent Fouchier<sup>(15)</sup> posait le problème dans la préface qu'il a bien voulu rédiger.

Le mini-guide « Initiatives, pratiques, outils », produit d'un partenariat entre FNE et Veolia, constitue une contribution modeste, mais néanmoins ambitieuse. Il matérialise une nouvelle fois leur volonté de prendre part à cette lutte et, pour son double inversé, la reconquête des « villes ».

Aucun des acteurs rencontrés et concrètement engagés dans cette tâche exigeante n'en a dissimulé l'ampleur et les difficultés, tant elle est à contre-courant des tendances passées, à l'échelle européenne et planétaire. Mais tous ont clairement conscience de la nécessité d'agir et de

prouver par leur action qu'il est possible de le faire dans leurs territoires, et ce, même s'ils sont confrontés à des injonctions contradictoires, à des comportements égoïstes et à des facteurs structurels qui les dépassent.

Leurs initiatives et leurs réalisations ont largement permis d'enrichir et d'illustrer cette brochure, dont le propos est de montrer que des pistes ont été ouvertes et que des outils existent. Ils ont fait preuve d'imagination, ont secoué nombre de vieux schémas mentaux et souvent décidé de changer assez radicalement les pratiques de collaboration, de communication et d'intelligence collective, mais sans jamais s'en vanter.

Comme le résume avec justesse Vincent Fouchier dans sa conclusion :

« Il ne s'agit pas de bloquer brutalement le développement périphérique ni de contraindre à une densification à tout crin, n'importe où. C'est pourquoi il est toujours utile de regarder ce qui a déjà été tenté, non pour en faire un modèle, mais pour s'en inspirer : car chaque contexte est particulier et doit inventer son propre modèle ! »

### Bibliographie complémentaire

FNE-VEOLIA, « L'Étalement urbain, réflexions croisées. Éléments de définition et termes du débat », octobre 2013, <https://www.fne.asso.fr/publications/etalement-urbain-reflexions-croisees-elements-de-definition-et-termes-du-debat>

FNE-VEOLIA, « Lutter contre l'étalement urbain : initiatives, pratiques et outils », novembre 2017, [https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/LinkFile/Key/80c2b01b-544c-41cd-b24d-69e6adad2d6f/lutter\\_contre\\_etalement\\_urbain.pdf](https://ged.fne.asso.fr/silverpeas/LinkFile/Key/80c2b01b-544c-41cd-b24d-69e6adad2d6f/lutter_contre_etalement_urbain.pdf)

ADEUPA Brest Bretagne, AUDELOR (Agence d'Urbanisme et de Développement économique du Pays de Lorient), AUDIAR (Agence d'Urbanisme et de Développement intercommunal de l'Agglomération rennaise), « L'Économie d'espace au cœur d'un aménagement durable et de la qualité de vie en Bretagne », 2010.

ESCOBAR L. (2017), « Rencontres nationales Écoquartiers », 6 juin, « Renouveler l'existant : économiquement possible ? », *Adéquation*.

FONTES-ROUSSEAU C. & JEAN R. (2015), « L'Artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles », *Agreste Primeur*, 326, juillet.

ADEME, « Les sols portent notre avenir », 2015.

Ministère de l'Équipement, « Attention mitage », 1977.

Ministère de l'Équipement, « Opération Greffe », 1979.

GARNIER Ch., « Il faut arrêter le gaspillage de l'espace » (1966), *Réforme*, 1123, 24 septembre.

(15) Président du groupe « Urbain » de l'OCDE, directeur général adjoint de la Métropole Aix-Marseille-Provence, délégué au Projet métropolitain et au Conseil de développement (28 juin 2017).

GARNIER Ch., « Formes urbaines et architecturales : enjeux écologiques et sociaux », *Écologie urbaine : nouveaux savoirs sur la ville, Métropolis*, n°64/65, 4<sup>ème</sup> trimestre, 1984.

GARNIER Ch., « Formes urbaines : quels enjeux socio-écologiques ? », *Vers une nouvelle civilisation urbaine, Colloque, 20<sup>ème</sup> anniversaire de Marne-la-Vallée*, Paris, Altamira, 1993.

GARNIER Ch. (2005), « Développement et aménagement durables et désirables », *Changement climatique, énergie*

et développement durable des territoires, *Territoires 2030*, n°2, La Documentation Française, Paris, décembre.

BARDE J.-P. & GARNIER Ch. (1971), « L'environnement sans frontières », Paris, Ed. Seghers.

GARNIER-EXPERT Ch. (1973), « L'environnement démystifié – Le dossier français », Paris, Mercure de France.

# Après la remédiation, le double enjeu de la restauration et de la requalification des sols

Par Corinne LEYVAL

Directrice de recherche, CNRS

Le fort développement industriel du début du XX<sup>e</sup> siècle, puis son déclin à la fin du siècle dernier, ont fortement impacté des surfaces considérables de sol. Dans un contexte de raréfaction des sols et de pressions foncières croissantes, la remédiation et la réhabilitation de ces sols fortement anthropisés sont des enjeux forts. Au-delà de la nécessité d'éliminer la pollution présente et les risques associés pour l'environnement et la santé, la restauration et la requalification de ces friches et sols délaissés méritent d'être prises en considération. La possibilité de valoriser ces sols non seulement pour des usages comme la production de biomasse non alimentaire, mais aussi comme réserve de biodiversité est mise en avant dans cet article. Souvent perçues au départ comme un handicap, les friches industrielles peuvent ainsi devenir un véritable atout qu'il convient de valoriser.

Le sol, sur lequel nous vivons et qui nous nourrit depuis que l'homme existe, est de plus en plus impacté par les activités humaines, qui laissent une empreinte forte sur cette ressource fragile et non renouvelable. La révolution industrielle a été menée sans que quiconque se préoccupe de son impact sur l'environnement et la santé. L'ère post-industrielle s'est alors traduite par des diagnostics inquiétants en termes de contamination des sols. L'identification et la caractérisation de la pollution actuelle, et la recherche de méthodes de remédiation de celle-ci ont permis d'identifier des solutions techniques à cette pollution des sols. Mais à la nécessité d'y remédier s'est ajoutée celle de restaurer des sols vivants et qui fonctionnent, notamment en rétablissant leur capacité à fournir des services. Ainsi, on devrait pouvoir répondre aux Objectifs de développement durable définis par la Conférence des Nations Unies, notamment l'Objectif 15 : préserver et restaurer les écosystèmes terrestres en veillant à les exploiter de façon durable, enrayer et inverser le processus de dégradation des terres et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité.

## Conséquences des activités industrielles passées : un lourd héritage pour les sols

Le fort développement industriel du début du XX<sup>e</sup> siècle, puis son déclin à la fin du siècle dernier ont fortement impacté des surfaces considérables de sol. Le site BASIAS (Base des anciens sites industriels et activités de

service), créé en 1994, recensait, en 2006, entre 300 et 400 000 sites sur le territoire français. Le nombre de sites identifiés dans la base Basol (base de données sur les sites et sols pollués) varie fortement d'un département à l'autre, pouvant même être supérieur à 400 dans certaines zones géographiques, notamment dans les départements de la Moselle et des Bouches-du-Rhône ou dans les Hauts-de-France et l'Île-de-France. On peut également citer le cas de sites sidérurgiques (Lamard et Vitoux, 2006), comme le site de Rombas (dans le bassin de Longwy), qui comprenait un ensemble complet d'activités allant de l'extraction du minerai de fer jusqu'à sa transformation en acier. Ce sont des activités industrielles qui mobilisent des surfaces de sols considérables pour y accueillir, outre la mine, des hauts fourneaux, des laminoirs, une usine à gaz et autres infrastructures associées, y compris des logements pour y héberger des milliers d'employés. Ainsi, on compte 6 000 hectares de friches industrielles en Lorraine, dont certaines se situent au cœur même des villes.

Ces surfaces considérables impactées par des activités industrielles qui perturbent le fonctionnement des sols, auxquelles s'ajoutent les espaces affectés par une artificialisation croissante liée au développement des villes (habitat, réseaux de transport), représentent une perte nette de ressource en sol pour l'agriculture ou pour les espaces naturels, et un facteur d'érosion de la biodiversité qu'ils hébergent. Ainsi, les sols artificialisés représentaient 9,3 % du territoire de la France métropolitaine en 2015. Dans un contexte de raréfaction des sols et de pressions

fongières allant croissantes, la remédiation et la réhabilitation de ces sols fortement anthropisés sont des enjeux forts.

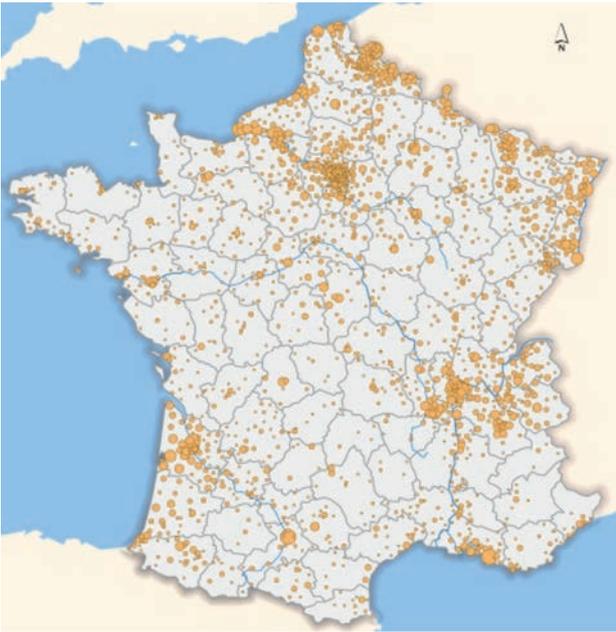


Figure 1 : Carte de France sur laquelle sont indiqués les sites faisant l'objet d'actions de surveillance ou de réhabilitation selon la base de données BASOL (Source : Meem/DGPR, Basol au 5 mars 2015).

L'arrêt de ces activités industrielles pose ainsi la question de la réhabilitation et de la requalification des espaces ainsi délaissés, souvent contaminés. La première étape est de réaliser un état des lieux, qui est parfois un exercice difficile lorsque les archives sont inexistantes ou ont disparu, et que les traces des différentes activités réalisées sur le site ont disparu après la fermeture de celui-ci. Il s'agit de procéder à une analyse de l'état des milieux (différentes sources de pollution, voies de transfert de celles-ci, enjeux à protéger) et à une étude détaillée des risques par la recherche et l'exploitation d'archives et la réalisation d'analyses complémentaires. En France, la politique de gestion des sites et sols pollués repose sur la gestion des risques sanitaires et environnementaux suivant l'usage qui est fait des milieux considérés. Ainsi, les objectifs de réhabilitation déterminés à partir des résultats d'une évaluation détaillée des risques le sont de façon à ce que le terrain, une fois traité, soit adapté à l'usage envisagé. On peut souligner l'absence d'objectifs de qualité des sols dans l'approche française, traduisant une volonté de ne pas établir de valeurs standards pour la qualité des sols. Ainsi, si aucun usage n'est envisagé, les friches peuvent rester en place et être délaissées.

Les friches industrielles, qui sont souvent perçues au départ comme un handicap, peuvent devenir un véritable atout qu'il convient de valoriser. C'est notamment le cas avec la création à Uckange (haut-fourneau U4) d'un centre économique, patrimonial et touristique, ou encore à Wesserling (Lamard et Vitous, 2006). Mais d'autres voies permettant de restaurer les propriétés physico-chimiques et biologiques de ces sols peuvent aussi être envisagées.

À l'Université de Lorraine, un certain nombre de laboratoires s'intéressent à cette problématique des sites et sols pollués, notamment au sein du pôle scientifique OTELO (Observatoire Terre et Environnement de Lorraine), qui regroupe des unités de recherche en géosciences. Le GISFI (Groupement d'intérêt sur les friches industrielles – [gisfi.univ-lorraine.fr](http://gisfi.univ-lorraine.fr)) a ainsi été créé il y a plus de quinze ans, il aborde des questions de recherche en lien avec le diagnostic, l'impact des pollutions, leur traitement, mais aussi la restauration et la requalification des sols impactés par les activités industrielles considérées.

### Les méthodes de remédiation de la pollution des sols : de l'incinération à l'atténuation naturelle

Pour éliminer les polluants dans les sols, un certain nombre de techniques ont été développées et mises en œuvre. Elles sont basées sur des procédés physiques (lavage, tri granulométrique...), chimiques (oxydation ou réduction, désorption thermique...) ou biologiques (bioremédiation, phytoremédiation) et sont plus ou moins spécifiques des contaminants organiques ou métalliques (Ademe, 2009, Selecdepol (<http://www.selecdepol.fr>)).

Les techniques *in situ* sont moins coûteuses que les techniques hors site. Le surcoût des techniques hors site est lié au fait que la terre contaminée doit être excavée et transportée vers un centre de traitement, mais l'efficacité du traitement est mieux contrôlée. Ainsi, l'incinération ou la vitrification sont des traitements radicaux qui sont certes efficaces, mais aussi plus coûteux (par exemple, 400 à 900 \$/m<sup>3</sup> pour la vitrification, selon Selecdepol), et qui, de plus, font perdre au sol toutes ses caractéristiques et ses fonctions. La désorption thermique, une des techniques utilisées pour réduire la concentration dans les sols de polluants organiques, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) par volatilisation des polluants lors d'un chauffage à 400-600 °C du sol, conduit à une altération des sols, notamment de la matière organique présente et de l'activité biologique (O'Brien *et al.*, 2016).

L'atténuation naturelle n'est pas vraiment une technique de remédiation, mais elle peut faire l'objet d'un suivi au cours du temps (12 à 65 €/m<sup>2</sup>, selon Selecdepol). C'est un ensemble de processus (sorption, dilution, biodégradation...) qui permet naturellement, sans intervention humaine, la réduction de la concentration des polluants. Cette technique peut être utilisée lorsque la contamination ne présente pas de risque avéré pour l'environnement et la santé humaine et peut être assistée par des plantes. L'atténuation naturelle peut ainsi être une solution intéressante dans des situations de pollutions anciennes, où la disponibilité des contaminants est très faible du fait de la forme chimique sous laquelle ils sont fixés, limitant la faisabilité de techniques telles que la bioremédiation. Après sept ans d'atténuation naturelle, la concentration des HAP dans un sol de friche industrielle de cokerie a ainsi été réduite de moitié (Leyval *et al.*, 2016). Dans ce cas, les propriétés des sols ne sont pas affectées et une recolonisation biologique (végétale, faune) spontanée est généralement observée.

Entre ces deux approches extrêmes de la gestion des sols pollués, lesquelles ont des impacts très différents sur les sols, les méthodes biologiques de remédiation (15 à 100 €/t, selon l'Ademe en 2010) sont largement utilisées, par exemple pour dégrader *in situ* certains polluants organiques comme les hydrocarbures. Elles sont souvent considérées comme moins coûteuses et surtout plus respectueuses de l'environnement que les techniques physico-chimiques ; un bémol toutefois, elles ne peuvent pas convenir à toutes les situations. Les techniques de phytoremédiation qui utilisent les plantes et les micro-organismes associés pour extraire (18 à 40 €/m<sup>2</sup>, selon SelecDepol) ou stabiliser (2 à 12€/m<sup>2</sup>) la fraction mobile ou disponible des polluants métalliques ou encore transformer ou dégrader des polluants organiques, sont l'objet d'un grand intérêt depuis les années 1990. Elles ont été cependant assez peu utilisées jusqu'ici par les professionnels de la dépollution, car ce sont des techniques à action lente qui sont plus adaptées à de grandes surfaces, et qui, de fait, ne répondent pas à des objectifs de traitement accordant la primauté à la rapidité. *A fortiori*, leur application à des sites mal adaptés s'est traduite par des résultats peu satisfaisants. Toutefois, l'association de différentes techniques de traitement relevant de filières différentes, notamment la phytoremédiation combinée ou associée à un autre traitement (Cundy *et al.*, 2016), peut permettre d'obtenir de meilleurs résultats, tout en contribuant à restaurer les propriétés des sols. Ainsi, l'utilisation de plantes pour extraire de sols contaminés des éléments traces métalliques (ETM) devient plus intéressante économiquement parlant, lorsque les métaux accumulés dans la plante peuvent être extraits en vue de leur commercialisation sous la forme de molécules de haut intérêt. On parle ainsi de *phytomining* et même d'*agromining* pour l'utilisation de ces plantes sur des

sols pollués pour en récupérer les métaux à partir de leur biomasse (Van Der Ent *et al.*, 2015).

### La refonctionnalisation et la requalification des sols : un enjeu fort

Si la remédiation a pour objectif de réduire voire d'éliminer la concentration en polluants dans les sols, ou tout du moins de réduire leur disponibilité et les risques associés, le sol ainsi traité n'est pas pour autant sorti d'affaire, *a fortiori*, il est rare qu'il revienne à son état initial. Bien qu'il n'existe pas en France de valeurs standards de la qualité des sols, la notion de qualité des sols après traitement et celle de leur fonctionnement pour permettre une requalification suscitent de plus en plus d'intérêt. Ainsi, il a été démontré que si les traitements thermiques de remédiation sont très efficaces et rapides pour réduire la contamination en polluants organiques, ils altèrent fortement les propriétés des sols, notamment la matière organique du sol, sa texture, sa minéralogie et son pH (O'Brien *et al.*, 2016), et réduisent leur capacité à être des supports de végétation. Une refonctionnalisation de ces sols qui ont fait l'objet de traitements de remédiation peut néanmoins être envisagée, et l'utilisation de plantes peut y contribuer. En revanche, le suivi sur le long terme de sols contaminés objet d'un traitement par atténuation naturelle ou ayant bénéficié d'un traitement par désorption thermique montre qu'après quelques années, la biodiversité de ces sols peut être à un niveau proche de celui de sols non contaminés (Thion *et al.*, 2012). Souvent caractérisés par une faible fertilité, se traduisant notamment par une faible teneur en azote, ces sols décontaminés peuvent néanmoins être de véritables supports de végétation.



Figure 2 : Prairie dont le sol a été reconstitué à partir de terre traitée par désorption thermique et de boues de papeterie (Sere *et al.*, 2008) (Homécourt, photo@gisfi.univ-lorraine.fr).

La construction de sols (ou « technosols ») à partir de terres décontaminées ou de déchets non toxiques (Sere *et al.*, 2008) est une voie récemment explorée pour recréer des sols fonctionnels, valoriser des terres sans usage, recycler des déchets ou limiter l'usage de terres non contaminées ou fertiles pour les réserver à l'agriculture. Ainsi, après une dizaine d'années, une prairie dont le sol a été reconstitué à partir de terre anciennement contaminée traitée par désorption thermique, de boues de papeterie et de compost, ressemble en tout point à une prairie naturelle (voir Figure 2 de la page précédente).

### Quel avenir pour les sols délaissés, notamment les friches industrielles ?

La valorisation des friches industrielles et plus généralement des sols délaissés fait l'objet depuis quelques années déjà de nombreux projets de recherche et développement. Ainsi le projet LORVER ([www.lorver.org](http://www.lorver.org)), soutenu par la région Grand-Est et l'Union européenne, propose-t-il de développer une filière de production de biomasse non alimentaire à partir de sites dégradés ou de sous-produits industriels. Il peut s'agir d'utiliser des terres délaissées, des sédiments fluviaux, des terres ayant fait l'objet d'un traitement de décontamination, de boues et déchets non toxiques, ou de sols construits à partir de terres ou matériaux contaminés, pour produire de la biomasse à des fins énergétiques, pour en extraire les fibres ou les métaux. L'analyse d'un certain nombre de sols délaissés, correspondant par exemple aux sites d'anciennes cokeries, ou de sols construits à partir de terres décontaminées montre que ces sols présentent souvent une forte biodiversité (plantes, micro-organismes, faune) et pourraient même représenter une réserve de biodiversité (Vincent *et al.*, 2018). Par ailleurs, des essais réalisés montrent l'existence d'une capacité de certaines de ces terres à produire de la biomasse. On peut ainsi envisager que ces friches apportent, à plus ou moins long terme, une véritable valeur ajoutée aussi bien environnementale que commerciale.

À l'ère de l'anthropocène, il nous faut non seulement promouvoir toutes les mesures qui visent à protéger les sols (prévention de futures pollutions), mais aussi développer ces approches qui visent à maintenir et à restaurer les propriétés et le fonctionnement des sols impactés par les activités anthropiques. Il faut développer des démarches intégrées et des filières respectueuses des propriétés des sols et de leur biodiversité. Une des questions essentielles sera aussi de faire évoluer la législation française, qui considère comme un déchet tout sol excavé, même s'il est décontaminé.

### Bibliographie

ADEME (2009), « Traitabilité des sols pollués – Guide méthodologique pour la sélection des techniques et l'évaluation de leurs performances », Angers, 245 p.

CUNDY A. B., BARDOS R. P., PUSCHENREITER M., MENCH M., BERT V., FRIES-HANL W., MÜLLER I., LI X. N., WEYENS N., WITTERS N. & VANGRONSVELD J. (2016), "Brownfields to greenfields: Realising wider benefits from practical contaminant phytomanagement strategies", *Journal of Environmental Management* 184, pp. 67-77.

LAMARD P. & VITOUX M.-C. (2006), « Les friches industrielles, point d'ancrage de la modernité », *Histoire, Mémoire et Patrimoine*, Lavauzelle, 214 p.

LEYVAL C., CÉBRON A., BEGUIRISTAIN T., FAURE P. & OUVREARD S. (2016), "Pollution mitigation: natural attenuation of organic pollutants. In Soils within Cities - Global approaches to their sustainable management – Composition, properties, and functions of soils of the urban environment", Ed. LEVIN Maxine J., KIM Kye-Hoon John, MOREL Jean-Louis, BURGHARDT Wolfgang, CHARZYNSKI Przemyslaw & SHAW Richard K., IUSS Working Group SUITMA.

O'BRIEN P. L., DESUTTER T. M., CASEY F. X. M., KHAN E. & WICK A. F. (2016), "Thermal remediation alters soil properties a review", *Journal of Environmental Management* 206, pp. 826-835.

SERE G., SCHWARTZ C., OUVREARD S., SAUVAGE C., RENAT J.-C. & MOREL J.-L. (2008), "Soil construction: a step for ecological reclamation of derelict lands", *Journal of soils and sediments* 8, pp. 130-136.

THION C., CÉBRON A., BEGUIRISTAIN T. & LEYVAL C. (2012), "Long-term *in situ* dynamics of the fungal communities in a multi-contaminated soil are mainly driven by plants", *FEMS Microbial Ecology* 82, pp. 169-181.

VAN DER ENT A., BAKER A. J. M., REEVES R. D., CHANEY R. L., ANDERSON C. W. N., MEECH J. A., ERSKINE P. D., SIMONNOT M.-O., VAUGHAN J., MOREL J.-M., ECHEVARRIA G., FOGLIANI B., RONGLIANG Q. & MULLIGAN D. R. (2015), "Agromining: farming for metals in the future", *Environmental Science and Technology* 49, pp. 4773-4780.

VINCENT Q., AUCLERC A., BEGUIRISTAIN T. & LEYVAL C. (2018), "Assessment of derelict soil quality: abiotic, biotic and functional approaches", *Science of the Total Environment* 613, pp. 990-1002.

# Land and soil jeopardized: Anthropic pressures

## Foreword

### **The soil : preserving the grounds of life for the coming centuries!**

Dominique Dron, engineer from the Corps des Mines, and André-Jean Guérin, engineer from the Corps des Ponts, des Eaux et des Forêts

## 1 – Land and soil degradation: the stakes and issues

### **Soil, the Earth's critical zone**

Christian Valentin, Institute of Research for Development (IRD), iEES-Paris, Academy of Agriculture

As the place of exchanges between energy, water and organic matter, the soil is the Earth's central critical zone. In this heterogenous zone close to the Earth's surface, complex interactions involving rock, soil, water, air and living organisms regulate the natural environment and determine the availability of biological resources. The public, decision-makers and even the scientific community know little about this key topic, which figures in three United Nations conventions (on desertification, climate, and biodiversity); and few university courses are devoted to it. Nonetheless, the soil is a major element for handling the big questions of climate change, food security and land restoration. Threatened by several forms of degradation (erosion, impermeability, salinity, etc.), the soil and land – despite being neglected by French, European and international law – are the ground for many a contention about uses related to urbanization, land-grabbing, organic products (not just food), etc.

### **Soil fertility: Quality through life**

Luc Abbadie, professor at Sorbonne University

The concept of “fertility” corresponds to a utilitarian view of the soil with a focus on the physical, chemical, biological and spatial properties that supposedly account for agricultural yields and, by extension, explain the healthiness of ecosystems. This view sees a container (the right soil) and its contents (plant life). However living organisms do not just adjust to the properties of their environment. By looking at changes and modifications, we realize that plants take control of the soil by adopting physiological and morphological characteristics, or interacting with microorganisms, and thus break free of certain exigencies. We thus come to see not the soil opposite plant life, but a soil-plant system. This knowledge leads us to thoroughly revise farming and forestry practices.

### **The state of the soil in France: “Artificial” land uses and others sources of degradation**

Véronique Antoni in charge of the project “Soil and natural

risks”, Ministry of the Environmental Transition and Solidarity, Commissariat Général du Développement Durable, Service de la Donnée et des Études Statistiques (MTES/CGDD/SDES); and Marlène Kraszewski in charge of studies on sustainable development (MTES/CGDD/SDES)

The soil lies at the center of key environmental issues, such as the availability of a quality water supply, the conservation of biodiversity, food security, or climate change. However it is regenerated very slowly. Despite its importance, the soil is undergoing degradation owing to various factors: erosion, the loss of organic matter, compression, contamination, etc. Among the causes are farming, forestry, industry, changes in land uses and the construction of housing and infrastructures. This “artificialization”, whereby land is devoted to urban areas, infrastructures, industry and roads, is apparently the major cause of soil degradation. In 2015, 9.4% of France's surface area had thus been “artificialized”.

### **The soil, a factor attenuating, or exacerbating, climate change**

Suzanne Lutfalla, PSL Research University, CNRS-ENS UMR 8538, Paris; Lauric Cécillon, Grenoble Alps University, IRSTEA, Saint-Martin-d'Hères; and Pierre Barré, laboratory of geology, PERSONNEL Research University, CNRS-ENS UMR 8538

How does the soil, as a dynamic carbon sink, affect the climate? The origin, nature and future of CO<sub>2</sub> in the soil are described before showing that the movement of carbon between the earth and the atmosphere is a major factor in this gas's concentration in the atmosphere. The uncertainty surrounding carbon sequestration is examined on all scales by discussing the policies adopted locally (in particular by groups of communes in France) and internationally for storing carbon in the earth. The soil has a strong potential for attenuating climate change. If realized, this potential would, in turn, have major benefits for the quality of the soil.

### **The land's legal status pertaining to human uses: An inventory and prospects**

Philippe Billet, *agrégé* professor of public law at Jean-Moulin University (Lyon 3), director of the Institute of Environmental Law (CNRS, UMR 5600, EVS-IDE) and member of Labex IMU (Intelligence des Mondes Urbains)

As the basis of most human activities, the ground – soil and land – has been more or less overlooked by the law when the intent is to protect it from being built or covered, i.e., “artificialized”. The Environmental Code ignores it as a natural environment, whereas the Code of Urbanism tries to see to it that the use of land is “economical”. After futile efforts for drafting a framework directive, EU law has turned toward issuing guidelines, with no binding effect, for preventing these “artificial” uses of the land and toward a scattershot

policy of dispersed protective measures without any guiding principle. Under the French ALUR Act of 2014, the concept of “densification” underlies a new policy of land planning and use. This act has voided the earlier arrangements that favored urban sprawl; and it calls for a consideration of the issue of “artificialization”, which devotes pieces of land to urbanization, infrastructures, industry and roads. Neutrality with regard to the land and soil degradation implies providing incentives and, perhaps, recognizing a “communitarization” of the services provided by the ground.

## 2 - Official responses

### Orientations and tools for managing “land consumption” on the national scale

**Laetitia Conreaux-Mantziaras**, architect and urban planner, head of the bureau on urban and rural planning and quality of life, Direction de l’Habitat, de l’Urbanisme et des Paysages, Ministry of Territorial Cohesion; and **Hélène Faucher**, head of a project on urban and rural planning, Direction Générale de l’Aménagement, du Logement et de la Nature (DGALN), Ministry of Territorial Cohesion

For nearly twenty years now, the DGALN in the French Ministry of Territorial Cohesion has been the vector of public policies for limiting the “artificialized” land consumed (built or covered) by urban areas, infrastructures and industry. It assists local authorities with land and real estate management by improving the quality of documents on urbanism and by more effectively bringing environmental issues into town and country planning. Policies conducted by other ministries also take part in the effort to curb urban sprawl, for example, by providing fiscal incentives for building in areas that are already urbanized or by backing farming projects. Owing to a gradual awareness, the conservation of lands that have not been “artificialized” is a major issue for improving the quality of life in France.

### Industrial wastelands, a new secondary resource?

**Philippe Merle** and **Jean-Luc Perrin**, Direction Générale de la Prévention des Risques, ministère de la Transition écologique et solidaire

The concept of industrial wastelands is hard to define, given its many meanings. Defining it as unused lots of land tells us nothing about the land’s characteristics and even less about its potentials. We must shift perspectives. First of all, the issues related to sites previously occupied by industry are local – the national statistic obtained by adding the surface areas of all wastelands covers cases that are much too diverse for effective remedial actions. Once we shift perspectives, we can analyze these former industrial sites in terms of waste management in general. We must, first of all, avoid soil degradation by treating the causes –with the objective of making it possible to reuse the land in the future. This reuse is now to be defined before building any new installation. Secondly, we must try to reuse as many of these sites as possible and not declare offhand that a location is polluted and thus unfit for any use. Thirdly, we must outline approaches (some of them opened under the ALUR Act on housing and urbanism) for reconvertng wastelands by placing the land to be rehabilitated in a broader view of a “circular economics”.

### Boosting the reuse of business wastelands

**Michel Valdigué** and **Philippe Schmit**, Commission Nationale d’Aménagement Commercial

Retail stores in France have grown on the periphery of urban areas instead of revitalizing downtown business area. Businessmen and investors have not pursued the same rationale. The game between these players threatens neighborhood stores while increasing the surface area devoted to retail businesses that can be reached by car – the purpose being to form a customer catchment basin. Other lands in Europe (in particular Great Britain, Germany, Spain and Catalonia) prefer installing new businesses in areas with a dense population. Since January 2018, European law admits criteria related not only to territorial planning and the environment, but also to the conservation of downtown areas; but this has not yet stimulated much legislation in France. As the world’s leading tourist destination, can France continue jeopardizing its assets by developing unaesthetic business zones that consume farmlands, which provide the produce needed for our food supply? The question of a model for retail business in the coming years should be discussed.

### Can tax policies help limit “land artificialization”?

**Guillaume Sainteny**, GS Conseil

The nearly thirty taxes on using the land for urbanization, industry and infrastructures have not proven capable of limiting this “land artificialization”, a process that mainly stems from the price difference between unbuilt lots of lands depending on whether they are “urbanizable” or not. Part of this difference comes from the lower value of rural real estate owing to taxes and to provisions in the French Rural Code. A recent proposal for a new tax on “land artificialization” would not be any more effective; and it lacks incentives. To moderate this trend in land use, adjusting current taxes would be more effective for reaching this goal than introducing a new tax. This could be done by modifying current tax rates as a function of geographical criteria, by exempting fewer persons or granting fewer deductions when such measures stymie reaching the goal, or by cutting taxes on unbuilt land so that such properties yield a net positive return.

### Opinion of the CESE of 13 May 2015: The management of farmlands, a societal issue

**Cécile Claveirole**, member of the Conseil Économique, Social et Environnemental (CESE) and head of the agriculture network of France Nature Environnement

The UN’s Food and Agriculture Organization declared 2015 to be the “international year of soils”. In France, the Economic, Social and Environmental Council (CESE: Conseil Économique, Social et Environnemental) took account of this topic in its work on agriculture. Attended by representatives of nonprofit organizations, the council’s third assembly addressed the societal issues of farmland management. The CESE’s division on agriculture, fishing and the food supply has decided to study this question both quantitatively (the farmlands and natural areas converted to other uses, in particular for building, the impermeability of the soil) and qualitatively (soil fertility, modes of production,

produce, the conservation of biodiversity). The Council's plenary assembly adopted this opinion on 15 May 2015.

### Recovering degraded land in arid zones

**Monique Barbut**, executive secretary of the United Nations Convention to Combat Desertification

Representing nearly 41% of the land above sea level, arid zones are home to more than two billion people who suffer from the ongoing degradation of the land and soil that provide them sustenance. Owing to desertification and droughts, nearly twelve million hectares of land are no longer arable each year. It is urgent to halt this trend related to unsustainable uses of the land, unfavorable climate conditions and population growth. The target of "degradation neutrality" has been set. Based on the restoration of degraded land and sustainable land management, this goal is important to the decision-makers in charge of land planning and development. Apart from degradation neutrality, only an amplification of good practices on a large scale can provide security for the water and food supplies, for energy and for human beings.

## 3 - Local or private actions

### The "consumption" of natural areas in Île-de-France: The assessment, issues and the tools

**Martin Omhòvère**, head of the Département Habitat et Société at the Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France; and **Martin Wolf**, expert on local finances at the Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France

Île-de-France, a region encompassing not only the capital, Paris, but also vast farmlands and natural areas, has long experienced strong pressures on land uses. With special powers in matters of urban and rural planning, the region is constantly striving for a balanced development of its territory and, in particular, for a conservation of open, un-built areas. Owing to its experience, Île-de-France is a noteworthy example of how to use tools for monitoring and managing the land, for studying the rationales underlying land uses, and for drafting policies to maintain the dynamics of natural and agricultural ecosystems.

### Conserving the land, stimulating farming: Thirty years of urban and rural planning in Bouches-du-Rhône

**Marc Beauchain**, former head of the departmental services: Direction de l'Agriculture et de la Forêt, then of the Direction des Territoires et de la Mer 13

For fifty years now, Bouches-du-Rhône, a French department with more than two million inhabitants, has experienced major changes. In this metropolitan department, several cities, including Marseille, have sprawled out over farmlands and rural areas. Since the end of the 1960s, the need to conserve the land and preserve farming has inspired a rural planning policy based on: knowledge of local environments, the conciliation of farming with environmental issues, cooperation, contractualization, and adjustments to economic changes. This long-term policy has averted the "expected extinction" of farming; and 148,600 hectares have been saved, thus producing nearly €500 million/year

of added value and placing the department in the lead of organic agriculture in France. An urgent call for a national awareness of our "overconsumption" of farmland...

### What governance for the relations of a city with its hinterland?

**Fabienne Trolard**, INRA; and **Guilhem Bourrié**, AAF

Since 2008, more than half the world's population is living in cities. This global change forces us to switch paradigms; the Earth should now be seen as a place of limited resources and with limited land. This calls for a systemic vision, integrated and dynamic, of cities and their hinterland, the goal being to satisfy the population's basic needs. The major obstacles to this change are pressures on the land, lack of knowledge about the soil, regulations, and the organization of decision-making by sector and by program. An inclusive approach calls for designing indicators of risks from simulations that, shared by all stakeholders, take account of resources related to the land, the water supply and food production. Following the Rio Summit in 1992, local and international programs were implemented that signaled commitments; they need to be diffused, shared and furthered.

### Curbing urban sprawl: (im)possible?

**Christian Garnier**, engineer ECP, head of the network Villes et Territoires Soutenables of France Nature Environnement

"Land consumption" comes along with urban growth and demographic trends. The anthropic use of more and more land, though evident, has long been overlooked by professionals and decision-makers. For them, it was normal, it was not a problem. The population density in France is among the lowest of the major countries in Europe. The principle of reducing "land consumption", though recently introduced in the law, has barely had any concrete, social or political, effects. However the new environmental and geopolitical situation signals a turning point. Hopefully, attempts by local authorities to address this issue will move beyond the stage of prototypes. In partnership with Veolia, France Nature Environnement has made an unsparing diagnosis and examined possible concrete solutions based on feedback from the field.

### After remediation, the challenges of land restoration and soil improvement

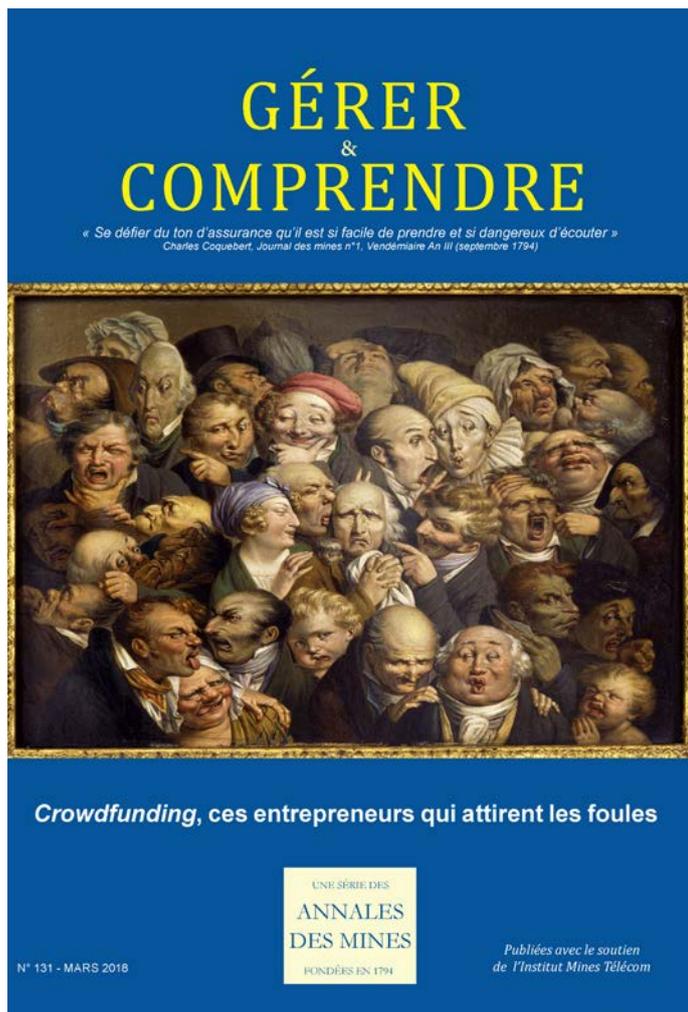
**Corinne Leyval**, research director, CNRS

The strong development of industry from the start of the 19th century till its decline at the end of the century has had a considerable impact on vast swaths of land. Given the scarcity of land and mounting pressures on it, a major question is how to restore the land and regenerate the soil, which human actions have heavily affected. Beyond the need to remove pollution and the question of risks to the environment and health, we must turn attention of land restoration and the reuse of wastelands and abandoned areas. The land is to be improved not just for uses such as the production of biomass but also as a reservoir of biodiversity. Industrial wastelands, though often seen as a burden, can become an asset to be developed.

Issue editors: *Dominique Dron and André-Jean Guérin*

# GÉRER & COMPRENDRE

## Crowdfunding, ces entrepreneurs qui attirent les foules



n° 131 - Mars 2018

### Introduction

Ces entrepreneurs qui attirent les foules  
**Faten BEN SLIMANE, Evelyne ROUSSELET  
et Sylvie CHEVRIER**

Stratégies de conquête d'un nouvel espace de marché : la  
structuration du *crowdfunding*  
**Héloïse BERKOWITZ et Antoine SOUCHAUD**

Financement participatif : les leçons d'une *success-story*  
Le cas de l'hyper-financement de la bande dessinée  
« Comme convenu »  
**Sophie RENAULT**

*Crowdequity* et *Crowdfunding* : deux alternatives de financement  
des TPE/PME  
Le cas de l'entreprise Gifts for Change  
**Imen MEJRI, Malek HAMOUDA  
et Donia TRABELSI**

Quand un maire fait appel au financement participatif pour  
reconstruire une école  
Décryptage et analyse  
**Sophie RENAULT**

### HORS DOSSIER

Le développement du véhicule électrique en Chine : réalités du  
marché et dynamiques réglementaires  
**Bo CHEN, Christophe MIDLER et Joël RUET**

### Mosaïque

**L'intelligence du travail**  
À propos de l'ouvrage de Pierre-Yves Gomez, *Intelligence du travail*,  
Desclée De Brouwer, 2016  
**Nicolas BERLAND**

**La blockchain déchaîne les questions !**  
À propos des ouvrages de William Mougayar, *The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology*,  
John Wiley & Sons, 2016 ; de Don Tapscott et Alex Tapscott, *Blockchain Revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world*, Penguin, 2016, et de Blockchain France, *La Blockchain décryptée – Les clefs d'une révolution*, NETEXPLO, 2016  
**Thierry BOUDÉS**

**La « force d'équilibre », une leçon tunisienne en matière de gouvernance**  
À propos du livre d'Héla Yousfi, *L'UGTT, une passion tunisienne, Enquête sur les syndicalistes en révolution - 2011-2014*,  
Karthala-IRMC, 2015  
**Alain HENRY**

**Management et désobéissance peuvent-ils faire bon ménage ?**  
À propos de l'ouvrage de Frédéric Gros, *Désobéir*, Paris, Albin Michel, 2017  
**Antoine MASINGUE**

Pour plus d'informations, nous invitons le lecteur à se reporter à notre site :

<http://www.anales.org>

## ABBADIE Luc

Luc Abbadie est professeur à Sorbonne Université, où il enseigne l'écologie. Il est également chargé de cours à Sciences Po Paris. Il a conduit des travaux de recherche sur les cycles du carbone et de l'azote et sur le fonctionnement des sols et des écosystèmes. Il est l'initiateur de nombreux travaux interdisciplinaires dans le domaine de l'environnement et d'applications de l'écologie pour la gestion durable de la biodiversité, des ressources naturelles et des écosystèmes (ingénierie écologique). Il assure actuellement le pilotage d'un ensemble de recherches en écologie urbaine. Il a été directeur scientifique adjoint à l'Institut Écologie-Environnement du CNRS (INEE) et est actuellement directeur du l'Institut d'Écologie et des Sciences de l'environnement de Paris (CNRS, IRD, INRA, SU, UPEC, UPD). Il préside le Conseil scientifique du Muséum national d'Histoire naturelle et est vice-président du Conseil scientifique de l'Agence française de la biodiversité

## ANTONI Véronique



D.R

Après des débuts dans le domaine des systèmes d'information géographiques et de l'agriculture, Véronique Antoni est, depuis 14 ans, chargée de mission, chargée de mission Sols à l'Institut français de l'Environnement, dans un premier temps, puis au ministère en charge de l'Environnement, au service de la Donnée et des Études statistiques (SDES). Mise à disposition de l'Inra jusqu'en 2011, dans le cadre de la participation du ministère précité au Groupement d'intérêt scientifique sur les sols (Gis Sol), elle est particulièrement impliquée dans les instances de suivi et de gestion du Gis Sol. Ingénieure des travaux publics de l'État depuis 2014, elle a été désignée spécialiste du domaine « Gestion durable des ressources naturelles » pour les problématiques liées aux sols, par le Comité d'évaluation scientifique et technique du domaine considéré, au ministère précité. Depuis 2015, elle est également chargée de mission Risques naturels, notamment dans le cadre de la participation du SDES à l'Observatoire national des risques naturels (ONRN).

## BARBUT Monique



D.R

Secrétaire générale adjointe des Nations Unies et Secrétaire exécutive de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (CNULCD), Monique Barbut justifie de plus de 30 années d'expérience dans le développement durable, la diplomatie internationale, la gouvernance et la finance. De 2006 à 2012, elle a été directrice générale

et présidente du Fond pour l'environnement mondial (FEM) et vice-présidente à la Banque Mondiale.

De 2003 à 2006, elle a été directrice au Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), en charge des programmes Technologie, Climat et Économie verte. Avant cela, Monique Barbut a effectué un éminent parcours dans le service public français, dont une grande partie consacrée à occuper des postes variés au sein de la Banque de développement de la France, l'Agence française de développement (AFD), qui est la principale agence française dédiée à l'aide aux pays étrangers.

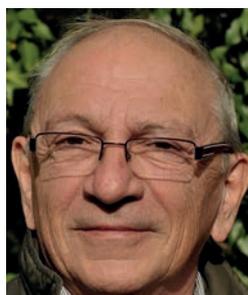
## BARRÉ Pierre



D.R

Pierre Barré est chercheur CNRS en biogéochimie des sols. Après un cursus en chimie à l'École Normale Supérieure et une thèse en écologie et en sciences de la terre de l'Université Paris 6, Pierre Barré a été recruté au CNRS en 2009. Il travaille depuis au laboratoire de Géologie de l'École Normale Supérieure sur la dynamique du carbone dans les sols. Pierre Barré enseigne également à l'ENS Paris, à l'ENS Cachan, à l'Université d'Orsay et à l'Université de Poitiers.

## BEAUCHAIN Marc



D.R

Marc Beauchain est titulaire d'un DES de droit public et d'un diplôme de spécialisation en aménagement et urbanisme – IEP Paris (1973).

Il a été chargé de mission, puis chef du service de l'Environnement et de l'Aménagement du territoire en DDAF 13, de 1975 à 2008, et, enfin, chef du service de l'Environnement DDTM 13, de

2008 à 2010.

Il est l'auteur de plusieurs publications dont :

- Colloque international « l'agricoltura nelle aree periurbane » Palerme 1996, ministère de l'Agriculture,
- « Une politique pour les espaces non urbains », DTA DDAF/SEA, 1997,
- Ville émergente : « Les agriculteurs, acteurs de la ville », Paris, 1997,
- Colloque européen Terres en ville « La terre en ville, objet de toutes les convoitises », Aubagne, 1998,
- « Le volet économique des SCOT. Approche de l'agriculture », Lyon, 2005,
- « Cossure : expérimentation d'une renaturation écologique et d'un mécanisme de compensation sur le territoire de la CRAU », 2010,
- « Les politiques agricoles en PACA », Congrès FNE Marseille, introduction DRAF PACA, 2011,
- « L'agriculture des Bouches-du-Rhône, défis et paradoxes », *Carnets de la Métropole*, n°2 Club Nouveau Sud, Éditions de l'Aube, 2011.

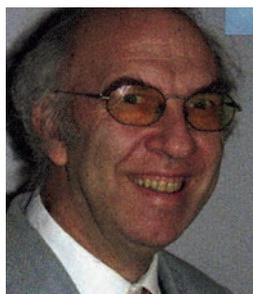
## BILLET Philippe



D.R

Professeur agrégé de droit public (Université Lyon 3), Philippe Billet est directeur de l'Institut de droit de l'environnement (CNRS, UMR 5600, EVS-IDE) et membre du Labex IMU (Intelligence des mondes urbains). Spécialiste des droits de l'environnement et de l'urbanisme, il travaille notamment sur la protection de la biodiversité, ainsi que sur le régime des services écosystémiques. Expert auprès du Comité pour la fiscalité écologique, puis du Comité pour l'économie verte, il a coordonné le groupe de travail sur « Les instruments financiers et fiscaux au service de la lutte contre l'artificialisation des sols ». Il a également dirigé le projet « Norma-Sol » (recherches sur la protection juridique des fonctions et services du sol – Programme Gessol 3 (fonctions environnementales et gestion du patrimoine Sol – ministère de l'Environnement/Ademe, 2011-2016) et a participé à l'expertise scientifique collective de l'INRA « Artificialisation. Déterminants et impacts socio-économiques ».

## BOURRIÉ Guilhem



D.R

Guilhem Bourrié est directeur de recherches honoraire à l'Inra, pédologue et géochimiste. Il a étudié les modifications naturelles de la qualité des eaux dans les sols, en conditions de sols acides, de sols hydromorphes, de sols salés, sous forêt, sous prairies, sous cultures, en agriculture pluviale ou irriguée, en Bretagne, dans la Crau et en Camargue et en partenariat

en Algérie et en Tunisie, au Brésil, au Mexique et au Chili. Il a ainsi mis en évidence les relations entre la dynamique de l'aluminium, du fer, des éléments traces métalliques, les caractéristiques des sols et les modes d'occupation des sols. Il a été professeur à l'Université de Rennes I et a créé, avec Fabienne Trolard, l'Unité de géochimie des sols et des eaux à Aix-en-Provence, intégrée aujourd'hui dans l'UMR Cerege. Il a coordonné des ouvrages sur les formations superficielles (avec Yvette Dewolf) et sur l'interaction sols-eaux dans la zone critique. Il est membre correspondant de l'Académie d'Agriculture de France.

## CÉCILLON Lauric



D.R

Lauric Cécillon est chercheur en biogéochimie des sols au centre Irstea de Grenoble depuis 2011. Titulaire d'une thèse en sciences de la terre, de l'univers et de l'environnement de l'Université Grenoble Alpes, Lauric Cécillon développe des indicateurs biogéochimiques pour une gestion

durable du carbone et de la qualité des sols. Il participe à plusieurs études et expertises nationales sur la séquestration de carbone dans les sols (Étude 4 pour 1000 France, groupe d'experts forêt-bois & Plan-Climat-Air-Énergie-Territorial).

## CLAVEIROLE Cécile



D.R

Cécile Claveirole a tracé sa vie à la façon des chemins creux de son enfance bretonne, sinueuse comme les branches des chênes au-dessus. Très tôt passionnée par les plantes, le lien à la terre est une évidence, l'observation de la nature une méditation. Un fil rouge dans les différents métiers qu'elle a exercés : la transmission, le lien, le passage. Tour

à tour ouvrière en pépinière, journaliste, formatrice, puis directrice d'organisation professionnelle agricole et d'une interprofession viticole, aujourd'hui consultante indépendante et journaliste, la relation humaine et la communication pour la nature et l'agriculture tissent le fil de son parcours. Adeptes de la formation tout au long de la vie, elle a au fil du temps étudié l'horticulture, le paysagisme, la protection de la nature et l'agriculture.

Membre du CESE depuis avril 2014, en tant que personnalité qualifiée, Cécile Claveirole est pilote du réseau Agriculture de France Nature Environnement.

## CONREAUX-MANTZIARAS Laetitia



D.R

Laetitia Conreaux-Mantziaras est architecte-urbaniste de l'État au ministère de la Cohésion des territoires, où elle est cheffe du bureau de la Planification urbaine et rurale à la direction de l'Habitat et de l'Urbanisme au sein de la direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature. Elle dirige une équipe d'une dizaine de personnes en charge des évolutions des documents d'urbanisme au niveau national, ainsi que du suivi et de l'application de politiques publiques majeures, notamment en faveur de la limitation de l'étalement urbain, la revitalisation des centres-villes et la densité urbaine.

Elle a exercé préalablement dans le secteur privé en agences d'architecture et d'urbanisme. Elle a eu à diriger la réalisation de différents projets d'aménagement, de renouvellement urbain, de réhabilitation de bâtiments patrimoniaux et d'architecture de bâtiments publics.

Elle a exercé préalablement dans le secteur privé en agences d'architecture et d'urbanisme. Elle a eu à diriger la réalisation de différents projets d'aménagement, de renouvellement urbain, de réhabilitation de bâtiments patrimoniaux et d'architecture de bâtiments publics.

## DEVRESSE Bruno

Bruno Devresse est directeur exécutif de l'Association pour la promotion des arbres fertilitaires, de l'agroforesterie et de la foresterie internationale.

Il a réalisé et réalise encore des missions de conseil auprès de différentes APAF africaines (Togo, Burkina-Faso,



D.R

Sénégal, Côte d'Ivoire, Cameroun, Mali).

Bruno Devresse est un spécialiste des formations en techniques agroforestières par les arbres fertilisants.

Il a été également assistant technique auprès de la Commission Européenne (2001), en tant qu'expert confirmé.

Il a également contribué à la publication d'un guide technique de développement de pratiques agroforestières dans le Sud et l'Ouest du Togo. Un guide édité en 1998 par le PACIPE (Programme régional d'assistance technique à la communication et à l'information sur la protection de l'environnement au Togo), sous l'autorité du directeur du bureau national de coordination du PACIPE, M. Michel Tengue.



D.R

Centrale de Paris. Il est le fondateur de la formation des conseillers en environnement urbain. Il est chercheur et animateur de programmes de recherche-expérimentation auprès de différents ministères. Il est également expert pour les Nations Unies, l'OMS, la Fédération des Cités unies (coopération décentralisée). Il est le créateur d'Éco-Projet® (1970), le premier bureau d'études et de recherche français en aménagement, environnement, développement, un bureau qui a développé de nombreux travaux méthodologiques pour le compte de l'État et de collectivités locales.

Il est l'auteur de nombreux ouvrages, rapports, brochures, articles et interviews. Il est conférencier et également journaliste spécialisé depuis 1962.

Il a participé à l'élaboration de divers concepts (écosystémique, socio-écologie, environnement, écologie urbaine, développement durable et désirable, ressource espace, robustesse territoriale...), ainsi qu'à de très nombreux débats publics et à la mise en place de politiques publiques et privées, en France, et à l'international. Il est membre de la commission Planification de l'environnement de l'UICN (1978). Il a été chargé du rapport (1970) au Premier ministre, rapport préparatoire à la mise en place de la politique française en matière d'environnement, et du rapport sur les dimensions socio-culturelles des politiques de l'environnement pour la Conférence mondiale Environnement et Développement (ONU, Stockholm, 1972).

Responsable associatif, il est le fondateur du Centre interdisciplinaire de socio-écologie – L'Homme et son environnement (1964) –, et de la FFSPN (1967-1968), la Fédération française des sociétés de protection de la nature, devenue depuis FNE. Il a été responsable pour l'aménagement du territoire et l'urbanisme, ancien vice-président, ainsi qu'ancien administrateur du Bureau européen de l'environnement. Il est l'actuel pilote du réseau Villes et Territoires soutenables.

Responsable associatif, il est le fondateur du Centre interdisciplinaire de socio-écologie – L'Homme et son environnement (1964) –, et de la FFSPN (1967-1968), la Fédération française des sociétés de protection de la nature, devenue depuis FNE. Il a été responsable pour l'aménagement du territoire et l'urbanisme, ancien vice-président, ainsi qu'ancien administrateur du Bureau européen de l'environnement. Il est l'actuel pilote du réseau Villes et Territoires soutenables.

### GUÉRIN André-Jean

Ingénieur École polytechnique (1969) et ENGREF (1974), ayant suivi une spécialisation au Centre d'étude des programmes économiques (CEPE 1983), André-Jean Guérin est ingénieur général honoraire des Ponts, des Eaux et des Forêts. Ses travaux et les responsabilités qu'il a exercées peuvent être synthétisés par plusieurs mots clés : d'abord, le développement (agricole, rural et territorial), et plus particulièrement le développement durable ; l'économie de l'environnement ; la politique de recherche et de développement technologique ; la politique d'enseignement et de recherche agricole et agroalimentaire. Il a été également associé à des travaux d'ingénierie publique, de normalisation et de prospective. Responsable, au titre de ses activités ministérielles, de la tutelle des organismes de développement agricole (ANDA) et de la cotutelle des grands organismes de recherche (INRA,



D.R

### DRON Dominique

Dominique Dron est ingénieure générale des Mines et est agrégée de sciences naturelles. Précédemment directrice générale déléguée de l'Ifremer, puis Commissaire générale au Développement durable, elle est aujourd'hui membre du Conseil général de l'économie (CGEJET) au ministère de l'Économie et des Finances.

de l'Économie et des Finances.

### FAUCHER Hélène



D.R

Hélène Faucher est urbaniste et est actuellement cheffe de projet Planification au sein du bureau de la Planification urbaine et rurale, à la direction de l'Habitat et de l'Urbanisme au sein de la direction générale de l'Aménagement, du Logement et de la Nature, au ministère de la Cohésion des territoires. Elle travaille plus particulièrement sur les

questions de consommation d'espace et d'artificialisation en lien avec les documents d'urbanisme. Précédemment, en tant que responsable d'un secteur Aménagement, elle a piloté sur le terrain des projets d'aménagement et de planification au sein de l'Établissement public territorial de Plaine Commune, situé en Seine-Saint-Denis. Elle a débuté sa carrière dans les services déconcentrés de l'État (département des Yvelines), travaillant sur les questions de logement et de planification.

### GARNIER Christian

Urbaniste, diplômé de Centrale et de Sciences Po Paris, Christian Garnier s'est orienté dès le lycée vers les problématiques socio-écologiques et de soutenabilité. Il a été professeur, enseignant-chercheur, à l'École nationale supérieure d'architecture de Paris La Villette et à l'École

CEMAGREF, etc.). Il a également dirigé des équipes opérationnelles (DDAF du Var). Il a assuré les fonctions de directeur général de la Fondation Nicolas Hulot. Il a été le rapporteur du rapport annuel du CESE sur l'état de la France en 2011 et l'auteur du projet de rapport annuel sur l'état de la France en 2013.

Aujourd'hui à la retraite, il poursuit ses réflexions et actions en matière de développement soutenable, que ce soit au sein de think tanks œuvrant pour la diminution des émissions de GES, ou, plus concrètement, en participant avec certaines ONG au développement d'une énergie décarbonée dans des pays d'Afrique subsaharienne.

Il poste régulièrement des articles sur son site Internet « Sentiers » : <http://sentiers.eu/saj/>

### KRASZEWSKI Marlène



D.R

Ingénieure d'études spécialisée en économétrie et statistiques appliquées, Marlène Kraszewski fait ses débuts en tant que prestataire pour une société de service, avant d'intégrer, en 2015, le service de la Donnée et des Études statistiques (SDES) du ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES). Elle rejoint alors une sous-direction

transversale, dans laquelle elle occupe un poste de chargée d'études et d'analyses sur le développement durable. Elle participe à la réalisation d'études sur des sujets aussi variés que l'eau, l'air, la biodiversité, le transport, le logement, les indicateurs de développement durable, etc., faisant bénéficier les spécialistes de son expertise méthodologique sur ces différents sujets. Elle est, par ailleurs, chargée au sein du SDES de la thématique Occupation du sol, et s'intéresse particulièrement aux différentes méthodes d'évaluation de l'artificialisation et aux liens entre consommation d'espace et d'autres sujets, tels que le tourisme, le littoral, les espaces protégés, etc.

### LEYVAL Corinne

Corinne Leyval est directrice de recherche au CNRS. Elle effectue sa recherche au Laboratoire interdisciplinaire des environnements continentaux (LIEC) à l'Université de Lorraine, où elle dirige le pôle scientifique OTELo (Observatoire Terre et environnement de Lorraine). Elle s'intéresse aux sols fortement anthropisés, et plus particulièrement aux relations sol-plantes-micro-organismes de ces sols, qui sont souvent contaminés par des métaux ou des polluants organiques. Auteur de plus de 150 publications, dont 110 publications parues dans des revues internationales, elle a encadré plus de trente doctorants dans le domaine précité. Elle est fortement impliquée dans le GISFI (Groupement d'intérêt scientifique sur les friches industrielles), dont elle préside le conseil scientifique, lequel aborde les questions de restauration-réhabilitation des sites et sols dégradés.

### LUTFALLA Suzanne



D.R

Suzanne Lutfalla est chercheuse en biogéochimie des sols, actuellement en post-doctorat au laboratoire de géologie de l'École Normale Supérieure. Normalienne chimiste, elle est titulaire d'un doctorat sur le carbone des sols en sciences de l'environnement de l'Université Paris-Saclay. Elle a été Secrétaire scientifique de l'Initiative

internationale « 4 pour 1000 » et impliquée dans le développement du programme de recherche correspondant. Ses recherches ont été récompensées par plusieurs prix, dont la bourse L'Oréal-UNESCO « Pour les Femmes et la science ».

### MERLE Philippe

Ingénieur général des Mines, Philippe Merle est actuellement chargé du service des Risques technologiques à la direction générale de la Prévention des risques. Ce service réglemente les activités industrielles à risques comme les installations classées, les travaux miniers, les canalisations ou équipements sous pression. Le service anime l'action des DREAL sur ce vaste champ, dans lesquelles plus de 1 000 inspecteurs assurent la mise en œuvre coordonnée de ces réglementations. Fort d'une expérience diversifiée en services déconcentrés, où il a été directeur de DRIRE, de DREAL et de DIRECCTE, Philippe Merle a aussi effectué, après un début de carrière dans les domaines de la sûreté nucléaire, l'énergie et la mine, un passage par le secteur privé, dans l'industrie sidérurgique.

### OMHOVÈRE Martin

Urbaniste diplômé de l'Université Paris 1 et de l'École Normale Supérieure de Paris, Martin Omhovère dirige le département Habitat et société de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme d'Île-de-France. Précédemment délégué régional à l'Observatoire régional du foncier, il a contribué à l'amélioration de la connaissance et au suivi des marchés fonciers franciliens, urbains et ruraux, après avoir approfondi l'analyse des effets de marchés sur le fonctionnement des espaces agricoles. En 2017, il appuie la structuration de l'Observatoire régional des espaces naturels agricoles et forestiers en Île-de-France, une structure ayant vocation à articuler ensemble les observations émanant de l'État, de la SAFER et de l'IAU Île-de-France.

### PERRIN Jean-Luc

Jean-Luc Perrin est ingénieur en chef des ponts, des eaux et forêts. Il a commencé sa carrière à la délégation générale pour l'Armement travaillant sur des sujets d'optique aéronautique. Il a ensuite exercé des fonctions relatives à la synthèse des comptes des administrations de sécurité sociale à la direction de la Prévision à Bercy. Il a poursui-

vi sa carrière à la direction générale de l'Énergie et des Matières premières, où il a suivi le débat public EPR, la programmation pluriannuelle des investissements de production électrique et le sujet des électro-intensifs. Depuis 2008, il est chargé de la sous-direction des Risques chroniques et du pilotage de l'Inspection à la direction générale de la Prévention des risques.

### **SAINTENY Guillaume**

Guillaume Sainteny dirige le GS Conseil et enseigne le développement durable depuis une vingtaine d'années, notamment à Sciences-Po, à l'École polytechnique et à l'Agro.

Il est, notamment, membre du Conseil national de la biodiversité, du Comité d'orientation du Comité 21, des Conseils scientifiques de la Fondation Prince Albert II de Monaco et de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité.

Il a précédemment exercé les fonctions de directeur adjoint du cabinet du ministre de l'Environnement, puis de directeur des Études économiques et de l'Évaluation environnementale (D4E) au ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et des Transports.

Il est diplômé de l'Institut d'Études Politiques de Paris, titulaire d'une maîtrise en droit, d'un MBA (University of Chicago), d'un doctorat en science politique et est ancien auditeur de l'IHEDN.

Ses ouvrages les plus récents sont :

- « Le Climat qui cache la forêt », Rue de l'échiquier,
- « Plaidoyer pour l'écofiscalité », Buchet-Chastel,
- « Développement durable. Aspects stratégiques et opérationnels », Francis Lefebvre, codir.

### **SCHMIT Philippe**



D.R

Philippe Schmit est membre de la Commission nationale d'aménagement commercial depuis 2012. Inspecteur général au Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, il y anime le collège « Territoires ». Il est maire honoraire de Longjumeau (une commune de l'Essonne).

### **TROLARD Fabienne**



D.R

Fabienne Trolard est docteur et agrégée de l'Enseignement supérieur en géosciences et directrice de recherches à l'INRA. Depuis près de trente ans, ses compétences en géochimie des sols et des eaux ont contribué à caractériser les interactions minéraux-solution et les dynamiques des éléments minéraux dans le système « eau-sol-plante » d'éco- et agrosystèmes (forêt, prairie irriguée, rizière). Pour la préservation et la ges-

tion des ressources sol et eau dans un territoire, elle a contribué à identifier les points de vigilance et à la mise au point d'une démarche intégrative d'aide au diagnostic et à la prospective pour accompagner les autorités locales. Elle a créé et dirigé l'Unité INRA « Géochimie des sols et des eaux » d'Aix-en-Provence, aujourd'hui intégrée dans l'UMR CEREGE, et a porté des projets nationaux, dont un FUI du pôle « Gestion des risques et vulnérabilité des territoires » et deux projets européens PRECOS et PRECOS Business.

### **VALDIGUÏÉ Michel**



D.R

Michel Valdiguié a été membre de la Commission nationale d'aménagement commercial de 2012 à 2018. Il l'a présidée de 2015 à 2018. Il est conseiller maître honoraire de la Cour des Comptes et ancien adjoint au maire de Toulouse.

### **VALENTIN Christian**



D.R

Christian Valentin est directeur de recherche à l'IRD. Il a consacré la majeure partie de sa carrière d'agronome et de pédologue à l'étude des effets des changements globaux sur le ruissellement et de l'érosion en Afrique de l'Ouest et en Asie du Sud-Est. Il est directeur adjoint de l'Institut d'Écologie et des Sciences de l'environnement de Paris (iEES-Paris, UMR CNRS-7618). Il anime le sous-groupe Sols de l'Alliance pour l'Environnement (AllEnvi), ainsi que le groupe Sols de l'Académie d'Agriculture, après avoir coordonné les réflexions prospectives sur les sols à l'ANR et au CNRS. Il enseigne à Sorbonne-Université, à l'Université Paris-Est Créteil et à l'University of Science and Technology of Hanoi.

### **WOLF Martin**

Urbaniste, Martin Wolf est chargé d'études et est expert des finances locales à l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France. Diplômé de Sciences Po en urbanisme et en affaires publiques, ses travaux portent sur l'évolution des finances locales, la gouvernance territoriale et leurs liens avec l'aménagement du territoire. Au sein de la mission gouvernance, il a notamment contribué à l'étude « Une nouvelle organisation territoriale pour le Grand Paris » et à l'élaboration de schémas d'aménagement de pays du Maghreb et du Moyen-Orient.

# GÉRER & COMPRENDRE

## Réalités méconnues

Les groupements d'employeurs : vers un nouveau développement de la gestion des ressources humaines territoriale ?

**Laëtitia LETHIELLEUX**

## L'épreuve des faits

« Ça nous a fait grandir, mettre un pied dans l'âge adulte »

Propositions pour une évolution de l'enseignement de la gestion dans les *business schools*

**Carine CHEMIN-BOUZIR et Jean-Baptiste SUQUET**

« Nul ne peut être contre la vertu... sauf un système »

**Sylvie CHEVRIER**

Les modalités de mise en œuvre de la cartographie de flux de valeur et la santé des travailleurs : une étude de cas multiples

**Sébastien BRUÈRE**

## En quête de théorie

Un contrat de société sans contrat d'investissement ? Les interrogations des actionnaires minoritaires sur le droit des sociétés

*Dialogue avec Colette NEUVILLE*

**Rachelle BELINGA et Blanche SEGRESTIN**

La négociation collective sur l'égalité professionnelle : une négociation intégrative ?

**Clotilde CORON et Frédérique PIGEYRE**

## Autres temps, autres lieux

Les clubs sportifs d'entreprise, des organisations prises entre le marteau managérial et l'enclume syndicale ?

**Igor MARTINACHE**

## Mosaïque

**Jacques Girin : une œuvre singulière à découvrir ou à redécouvrir**  
À propos de l'ouvrage de Jacques Girin

(avec la collaboration de Jean-François Chanlat, Hervé Dumez et Michèle Breton), *Langage, organisations, situations et agencements*, Presses de l'Université de Laval, 2016

**Franck AGGERI**

**Une analyse des pratiques de « recherche partenariale et collaborative »**

À propos de l'ouvrage dirigé par Anne Gillet et Diane-Gabrielle Tremblay, *Les recherches partenariales et collaboratives*, Presses de l'Université du Québec et Presses universitaires de Rennes, 2017

**Damien COLLARD**

**La croissance des investissements intangibles**

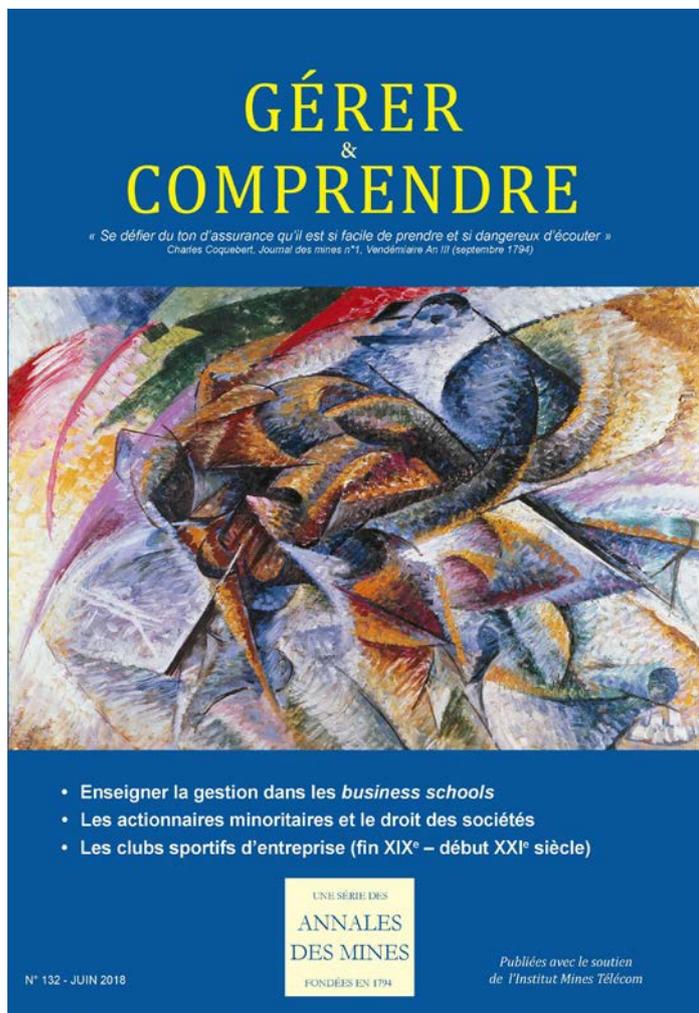
À propos de l'ouvrage de Jonathan Haskel et Stian Westlake, *Capitalism without Capital. The Rise of the Intangible Economy*, Princeton University Press, 2018

**Hervé DUMEZ**

**Jeu vidéo, culture et industrie**

À propos de l'ouvrage de Pierre-Jean Benghozi et Philippe Chantepie, *Jeu vidéo : l'industrie culturelle du XXI<sup>e</sup> Siècle ?*, Presses de Sciences Po, 2017

**Pierre POINSIGNON**



**n° 132 - Juin 2018**

Pour plus d'informations, nous invitons le lecteur à se reporter à notre site :

<http://www.anales.org>

A close-up, high-angle portrait of a woman's face, focusing on her eyes and nose. She has light-colored eyes and is looking slightly to the right. The background is a soft, warm brown color. Overlaid on the lower half of her face is the text 'THINK GOOD ACT GOOD CONNECT FOR GOOD BE HORYOU' in white. The first four lines are in a thin, outlined font, while the last line is in a bold, solid font.

THINK GOOD  
ACT GOOD  
CONNECT  
FOR GOOD  
**BE HORYOU**

[www.Horyou.com](http://www.Horyou.com)

Horyou

Connect for Good