



## SOLS ARTIFICIALISÉS ET PROCESSUS D'ARTIFICIALISATION DES SOLS : DÉTERMINANTS, IMPACTS ET LEVIERS D'ACTION

RÉSUMÉ DE L'EXPERTISE SCIENTIFIQUE COLLECTIVE - DÉCEMBRE 2017



IFSTTAR

L'artificialisation des sols est une notion récente, correspondant initialement à une préoccupation de quantifier les pertes de surfaces disponibles pour l'usage agricole par changements d'occupation des sols. Elle désigne aujourd'hui la diminution globale de la part des sols affectés aux activités agricoles et forestières ou aux espaces naturels, suggérant des dimensions autres qu'agricoles à prendre en compte. De ce fait, l'artificialisation des sols et les sols dits « artificialisés » sont devenus, notamment en France, un enjeu majeur de débat public et de préoccupations politiques. L'artificialisation du territoire, qui engendre une perte de ressource en sol pour l'usage agricole et pour les espaces naturels est ainsi considérée comme un des principaux facteurs d'érosion de la biodiversité. Le taux d'artificialisation des sols figure, depuis 2015, parmi les 10 « Indicateurs de richesse » élaborés par le Gouvernement pour le suivi de ses politiques publiques.

Dans ce contexte, le Ministère de la transition écologique et solidaire, l'Ademe et le Ministère de l'agriculture et de l'alimentation ont confié à l'Ifsttar et à l'Inra la réalisation d'une expertise scientifique collective visant à faire le point sur l'état des connaissances scientifiques disponibles en vue de mieux cerner les déterminants économiques et sociaux de l'artificialisation des sols, ses impacts sur l'environnement et sur l'agriculture et les leviers d'action susceptibles d'en limiter le développement et les effets négatifs. Quelles que soient les ambiguïtés que comporte cette notion d'un point de vue scientifique et les difficultés qu'engendre sa mesure, les sols artificialisés sont en même temps le résultat et le lieu des activités humaines : c'est l'espace des villes, des logements, des activités économiques et des réseaux d'échange entre ces lieux. C'est donc un espace sociétal essentiel qui répond à des besoins économiques et sociaux des ménages, des entreprises et de la puissance publique, exprimant ainsi l'utilité sociale de cet usage. Cependant, le sol étant une ressource limitée et non renouvelable à l'échelle humaine, toute extension des sols artificialisés signifie une perte de ressource naturelle et de surfaces consacrées à d'autres usages. À cela, s'ajoutent les caractéristiques spécifiques de chaque localisation en termes d'aptitude à un usage donné, qui limitent l'interchangeabilité des usages. D'un côté, tout aménagement des sols engendre des impacts environnementaux non négligeables en termes de caractéristiques biophysiques, de biodiversité ou de fonctionnement hydrologique des sols. De l'autre, la tendance à l'extension des surfaces artificialisées exacerbe la concurrence avec d'autres usages, en particulier agricoles, et ce notamment dans les espaces d'extension urbaine (lisières des villes et zones périurbaines) ou d'implantations d'infrastructures de transport.

Par souci de comparabilité, la définition de l'artificialisation des sols retenue pour cette expertise est celle de l'Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers (OENAF), elle-même adaptée de CORINE Land Cover, source statistique d'analyse des changements d'affectation des sols européens. L'artificialisation est un : « changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière ou naturelle vers des surfaces artificialisées, c'est-à-dire les tissus urbains, les zones industrielles et commerciales, les infrastructures de transport et leurs dépendances, les mines et carrières à ciel ouvert, les décharges et chantiers, les espaces verts urbains (espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain), et les équipements sportifs et de loisirs y compris des golfs. Les espaces qui subissent une artificialisation ne sont plus disponibles pour des usages tels que l'agriculture, la foresterie ou comme habitats naturels ». Ainsi définis, les sols artificialisés sont supports de la plus grande partie des activités humaines autres qu'agricoles ou forestières et concernent tout l'habitat, toutes les activités économiques et toutes les infrastructures de transport et la voirie. Cette notion par nature polysémique peut alors être source de confusion. La clarification d'ordre lexical, qu'elle implique, éclaire en partie les difficultés inhérentes à sa mesure, à l'analyse de ses déterminants et à l'évaluation de ses impacts sur l'environnement et sur les terres agricoles.

### Artificialisation, urbanisation, imperméabilisation : les enjeux de la distinction

L'usage des termes « artificialisation des sols » ou « sols artificialisés », masque une fausse synonymie avec les phénomènes d'imperméabilisation des sols, d'un côté, et d'urbanisation, de l'autre, qui entretient la confusion et rend difficile le débat entre scientifiques.

En effet, si tous les sols artificialisés ont subi de fortes perturbations, ils diffèrent néanmoins par leur couverture et notamment par leur degré d'imperméabilisation. Les sols artificialisés comprennent les sols imperméabilisés (ou « scellés » ou « minéralisés » pour reprendre une terminologie anglo-saxonne) mais aussi les sols des jardins et des espaces verts insérés dans le bâti et le long de la voirie, pourvus d'un couvert végétal et, dans la plupart des cas, non imperméabilisés.

Les activités humaines ne sont réparties sur le territoire ni de façon uniforme, ni au hasard. Portées par de puissantes forces d'agglomération, elles sont principalement concentrées dans les villes, dont le métabolisme mobilise également des apports de

produits agricoles, de ressources renouvelables, et du recyclage de déchets. Les villes ont une étendue spatiale qui a tendance à s'accroître au fil du temps. Dans un passé récent, leur étalement a largement dépassé les frontières de la ville et une partie des populations et des activités urbaines s'est dispersée dans les campagnes environnantes, formant ainsi un espace périurbain en discontinuité de bâti avec la ville mais en lien fonctionnel fort avec elle. Les pôles entre eux et les espaces périurbains ou plus éloignés des influences urbaines sont reliés par des infrastructures de transport. Ainsi, l'artificialisation des sols dépasse largement les frontières de la ville et concerne de façon plus diffuse mais non moins prégnante espaces périurbains et espaces ruraux (Figure 1).

Au total, les causes et les conséquences de l'artificialisation des sols doivent être appréhendées en tenant compte de trois dimensions : le degré d'imperméabilisation et de perturbation subie par les sols ; leur position dans la trame et l'armature urbaines ou dans les paysages ruraux ; le type d'activités qui s'y déploient.

### Controverse sur la mesure

Dès lors que l'on s'intéresse à la mesure de l'artificialisation des sols en France, des controverses apparaissent sur l'objet de la mesure, ainsi que sur les méthodes. Tout d'abord, il convient de rappeler que les outils classiquement utilisés pour mesurer le taux d'artificialisation des sols à l'échelle nationale ont été créés pour appréhender l'occupation et les changements d'affectation des sols, et non pour mesurer spécifiquement leur artificialisation.

Selon la méthode, la mesure de la surface artificialisée du territoire métropolitain diffère considérablement : 5,6 % selon CORINE Land Cover 2012, outil européen de mesure par télédétection, et 9,3 % selon Teruti-Lucas 2014, outil de mesure français fondé sur des enquêtes statistiques. Cette différence montre que la précision de la mesure (aussi bien sur la nature que sur la dimension et la localisation de l'objet mesuré) est un enjeu pour les politiques publiques, d'autant plus que l'indicateur de l'artificialisation des sols est mis en lien avec les objectifs de protection de la biodiversité par les pouvoirs publics. De plus, il faut noter une forte variabilité inter-régionale de ces mesures ainsi que des écarts entre les estimations de CORINE Land Cover (CLC) et Teruti-Lucas (TL). Les écarts de mesure entre les deux sources vont ainsi de 2 % pour l'Île-de-France, dont les surfaces artificialisées sont agglomérées, à plus de 50 % pour les régions artificialisées de manière plus limitée et plus dispersée.

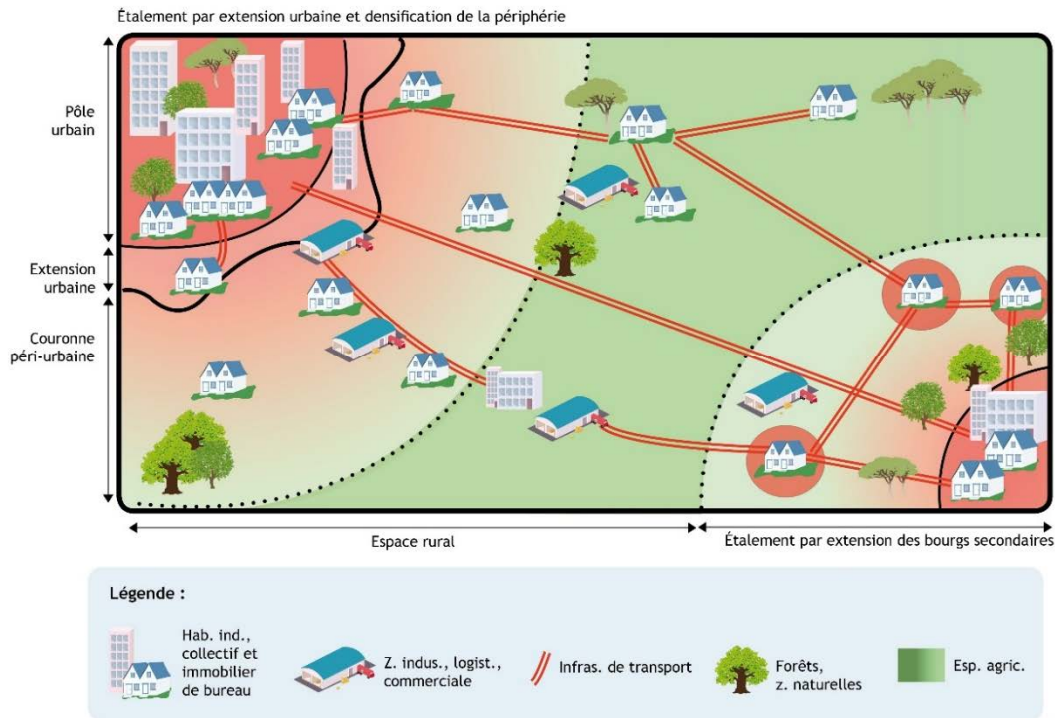
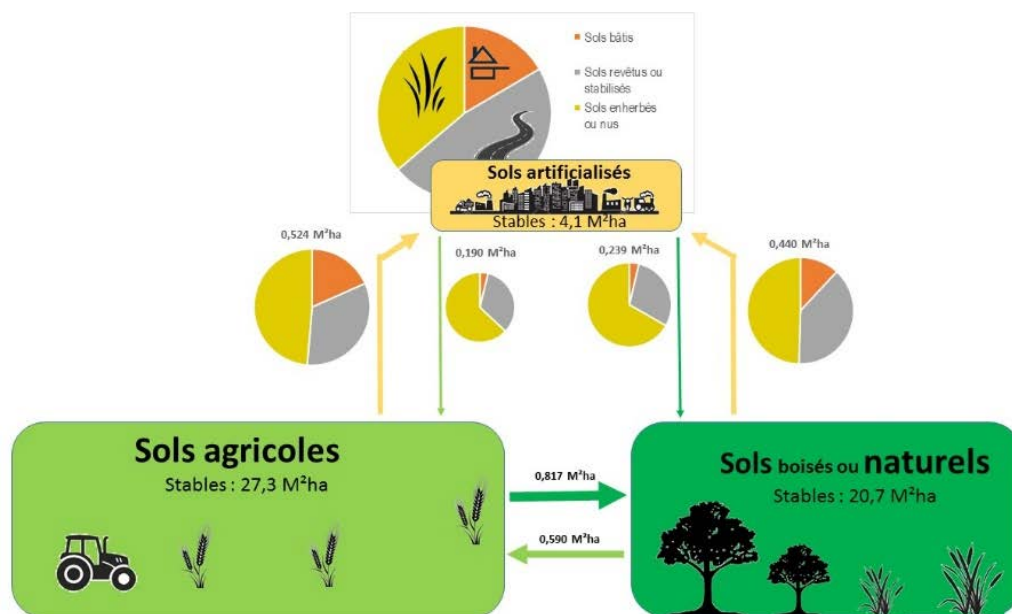


Figure 1 - Organisation spatiale des activités humaines et interactions entre artificialisation, urbanisation et imperméabilisation des sols (Graphisme : Elodie Carl)



N.B. : « Stables » correspond aux surfaces qui n'ont pas changé d'affectation au cours de la période 2006-2014.

Figure 2 - Sols artificialisés, sols agricoles et sols boisés et naturels en France : échanges entre catégories entre 2006 et 2014 (Source : Teruti-Lucas, fichier en ligne 2017 – Graphisme : Elodie Carl)

Deux éléments soulignent particulièrement les limites des outils actuels : le premier est lié aux seuils de résolution des outils de télédétection (par exemple, les surfaces d'occupation de sols inférieures à 25 hectares ne sont pas prises en compte par CLC), le second est lié aux biais d'interprétation sur le terrain ou d'échantillonnage (pour les outils statistiques). Les études comparatives faites au niveau international et européen montrent que l'artificialisation en Europe est moins soutenue que dans les autres parties du globe et que la France se situe dans la moyenne européenne, autant en quantité qu'en progression.

En l'état actuel, les données disponibles sur l'artificialisation des sols en France permettent surtout d'alerter sur les grandes tendances du phénomène, mais il n'y a pas de mesure quantitative faisant référence pour l'ensemble des acteurs. Elles doivent par ailleurs être interprétées avec précaution, en prenant en compte, au-delà des bilans globaux, les changements bruts d'occupation des sols, catégorie par catégorie (Figure 2), et leur distribution spatiale, afin de saisir précisément les processus en jeu. Dès lors, convergeant avec les propositions de la Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité<sup>1</sup>, l'expertise souligne qu'un

<sup>1</sup> Etlicher, B., Kaufmann, B., Rousseaux, F. & Aubertie, S. 2016. Evaluation scientifique de l'indicateur « Artificialisation du territoire métropolitain ». In Fondation pour la recherche sur la Biodiversité (2016), Evaluation scientifique de 55

indicateurs de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité, Ed. B. Livoreil et S. Aubertie, 296 p.

renouvellement de la méthodologie et des catégories pourrait être envisagé, afin de distinguer précisément les types d'artificialisation et l'état des sols avant leur artificialisation. En effet, les évolutions de la télédétection (résolution plus fine) et des Systèmes d'information géographique (couplage de bases, dont données cadastrales et structures linéaires) permettent d'obtenir des résultats plus précis. De plus en plus de collectivités locales ont recours à ces approches qui facilitent la prise en compte des problématiques liées à l'artificialisation dans les documents d'urbanisme, et dont la généralisation à l'ensemble du territoire permettrait un suivi plus précis de sa dynamique.

### Les impacts de l'artificialisation sur les caractéristiques physicochimiques et biologiques des sols

Les différents types de sols artificialisés se distinguent classiquement par leur degré d'imperméabilisation. Dans un contexte d'évaluation des propriétés biophysicochimiques des sols, c'est l'intensité de la **perturbation des couches** superficielles et plus profondes du « sol » qui doit être considérée. Quelle que soit la nature des impacts environnementaux considérés, il ressort de l'ensemble des études que la distinction entre surfaces imperméabilisées et non imperméabilisées est bien le premier point à prendre en compte. Qu'il s'agisse de biodiversité, de comportement hydrique ou d'impacts sur les températures atmosphériques, **les conséquences sont d'autant plus négatives que le niveau de perturbation des sols et le taux d'imperméabilisation sont élevés**. Dans l'objectif de catégoriser les sols artificialisés, les sciences du sol proposent depuis une période relativement récente, une classification des sols artificialisés (les « Anthrosols ») fondée sur la nature des modifications de leurs caractéristiques morphologiques, qu'il conviendrait de mieux croiser avec leurs usages classifiés en « SUITMA », acronyme (en anglais) désignant les sols urbains, industriels, les infrastructures de transports, les zones minières et les carrières et les zones militaires (Encadré 1 et Figure 3).

Toutes les études montrent que les sols scellés, qui correspondent aux surfaces bâties, voirie, trottoirs, places, parkings, infrastructures industrielles, logistiques et militaires, aéroports, installations portuaires) sont les plus pauvres à la fois en activité biologique et en biodiversité globale. Ce sont les plus susceptibles de provoquer du ruissellement et ceux qui contribuent le plus au phénomène d'îlot de chaleur urbain (tout comme les murs des bâtiments, les toitures et les sources d'énergie). Les sols non scellés sont plus "multifonctionnels" et susceptibles de changer d'utilisation. Mais, il est difficile de définir leurs propriétés fonctionnelles et de les cartographier, leur hétérogénéité relevant de l'échelle du mètre. Une analyse des points du RMQS<sup>2</sup> situés en zone artificialisés pourrait permettre d'élaborer des référentiels spécifiques.

La préservation des sols végétalisés en milieu artificialisé constitue un enjeu en termes de régulation hydrologique, de biodiversité et de stockage de carbone dans les sols. Au sein des zones urbaines, les sols de certains jardins potagers se distinguent par leurs teneurs élevées en carbone organique et en substances nutritives souvent issus d'apports exogènes. Mais, ces usages, comme ceux des jardins publics, peuvent présenter de fortes teneurs en polluants (dues notamment, aux activités industrielles, aux matériaux de remblai et aux dépôts atmosphériques). C'est pourquoi le développement d'indices de qualité des sols et d'indicateurs fonctionnels est un préalable à la mise en œuvre d'actions de préservation des fonctions des sols dans les projets d'aménagement. Certains documents d'urbanisme prennent en

compte la qualité des sols lorsque des cartographies détaillées existent. Toutefois, définir la qualité d'un sol reste une action locale ou régionale. Des travaux en cours visent à substituer à la notion de qualité des sols, celles de fonctions et services des sols, au travers de l'analyse de leurs propriétés. L'objectif est d'allier préservation des sols et orientation mieux raisonnée de leurs usages.

#### Encadré 1 – Caractéristiques des Sols artificialisés, « Anthrosols » ou SUITMA.

Les sols artificialisés sont en général caractérisés par :

- une **extrême variabilité** spatiale ;
- la nature des **matériaux technogéniques** qu'ils contiennent, leur abondance et leur taille ;
- une **forte pierrosité** et des taux de compaction élevés ;
- une **faible capacité d'infiltration** et de rétention en eau (sauf sols végétalisés) ;
- des **pH élevés** pour les sols urbains et ceux des infrastructures de transport, **ou acides** pour les sols miniers et industriels ;
- des **teneurs en matière organique très variables** selon l'occupation et la genèse du sol considérées ;
- des **concentrations élevées** en métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cd, Cr, Ni) et en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- des **concentrations souvent importantes de pesticides et de polluants émergents** (platinoïdes, retardateurs de flamme ou résidus médicamenteux).



Figure 3 – Quelques exemples de sols urbains et périurbains classés selon un degré croissant d'urbanisation (crédits photos : L. Beaudet).

#### La biodiversité des milieux artificialisés

La **biodiversité terrestre** (épigée), comme la **biodiversité du sol** (endogée), est affectée par l'artificialisation. Elle **pâtit de la perte d'habitats, de la banalisation et de la contamination des milieux et de la fragmentation de l'espace**.

Si la richesse en espèces de milieux urbains à niveau d'artificialisation intermédiaire peut parfois être plus élevée que dans certaines zones agricoles, il serait nécessaire de procéder à des diagnostics plus précis de biodiversité fonctionnelle, laquelle n'est pas nécessairement corrélée à la biodiversité spécifique. En outre, la flore s'avère moins affectée que la faune par

<sup>2</sup> Réseau de Mesure de la Qualité des Sols, piloté par le GIS Sol.

l'artificialisation des milieux. La biodiversité observée en milieu urbain, tout comme aux abords des infrastructures de transport, est caractérisée par une présence plus forte d'espèces généralistes, dont certaines espèces invasives et, de plus en plus souvent, exogènes au détriment des espèces caractéristiques des milieux d'origine. Cela est dû aux pratiques horticoles et à la résistance de certaines de ces espèces en milieu fortement anthropisé.

La **densité des infrastructures routières** étant particulièrement importante en France, **l'impact de la fragmentation est maximal** pour les espèces à faible capacité de dispersion et forestières ou encore pour des espèces spécialistes. Cet effet de la fragmentation conduit à favoriser les espèces généralistes et à une réduction de la biodiversité. A l'inverse, la présence de végétation arborée peut aussi favoriser la présence ou le déplacement de certaines espèces au voisinage des routes ou des voies ferrées, et l'effet négatif des infrastructures de transport peut être légèrement atténué par l'aménagement de passages pour franchir ces infrastructures.

Par ailleurs, l'effet des infrastructures de transport n'est pas uniquement structurel (fragmentation), ces dernières induisent également des modifications physiques et chimiques de leur environnement proche et les études mentionnent la difficulté de séparer les variables d'influence, notamment celles associées aux routes (occupation du sol, bruit, trafic, pollution des sols, pollution de l'air, etc.).

### L'artificialisation des sols, un enjeu en termes de nuisances

L'artificialisation des sols est également source de **diverses nuisances pour la population**. A l'échelle du quartier ou de l'aire urbaine, l'organisation spatiale des sols de niveaux d'artificialisation et d'imperméabilisation différents, va influencer le niveau des impacts. Un gradient de ces nuisances se dessine, depuis les franges urbaines vers le centre : plus on se situe en centre urbain avec un taux important d'artificialisation et *a fortiori* d'imperméabilisation, plus les nuisances sont cumulées et concentrées.

En premier lieu, l'imperméabilisation des sols modifie les **processus hydrologiques** en diminuant la capacité d'infiltration des sols et l'évaporation de l'eau. Afin de maîtriser les impacts hydrologiques de l'artificialisation des sols, des dispositifs alternatifs de gestion des eaux pluviales à la source ont été mis au point, tels que noues végétalisées. Leur réalisation *in situ* montre des résultats satisfaisants, d'autant plus s'ils sont pensés en cohérence avec des opérations de restauration de corridors écologiques.

Outre les bénéfices directs en termes de rétention de l'eau, d'évapotranspiration et de limitation des risques de crues, de nombreux travaux montrent l'efficacité des ouvrages végétalisés pour l'abattement des contaminants particuliers et la réduction des flux de polluants (qui s'accumulent en ville), vers les cours d'eau et les milieux naturels.

Afin de tempérer les effets négatifs d'une trop forte artificialisation sur l'environnement urbain, il existe des leviers en termes d'aménagement. Deux enjeux importants ont été identifiés : atténuer les **îlots de chaleur** ; diminuer les **nuisances acoustiques**. Les espaces verts arborés créent des conditions thermiques plus agréables en été, mais leur effet ne s'étend qu'au voisinage proche (Figure 4). Ils ont en outre des effets acoustiques limités. Jouer sur les matériaux (revêtements clairs et réfléchissants des chaussées ou des bâtiments, toits ou façades végétalisées...) peut améliorer le confort thermique des bâtiments,

mais a des effets probablement très limités (mais peu évalués) à des échelles rue/quartier/ville, voire des effets négatifs pour les usagers de la rue si les bâtiments ont des façades réfléchissantes.

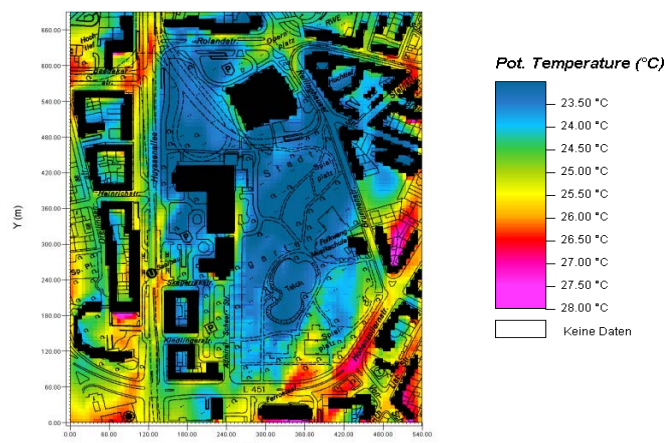


Figure 4 - Température d'air (°C) dans et autour d'un parc urbain à Essen (Allemagne) ; (Lahme et Bruse, 2003)

### Les impacts de l'artificialisation des sols sur l'agriculture

Selon Teruti-Lucas (TL), l'artificialisation des terres entre 2006 et 2014 s'est effectuée pour les deux tiers aux dépens des terres agricoles contre un tiers aux dépens des espaces boisés et naturels. Cependant, **des échanges importants ont lieu entre les trois grandes catégories d'affectation des sols** : TL montre que 60 % des sols agricoles ayant quitté cette catégorie sont passés en sols boisés et naturels (Figure 2). Ainsi, une part importante des pertes de terres agricoles est liée plus à la déprise ou à l'enrichissement qu'à l'artificialisation, ce flux étant cependant compensé, aux deux tiers, par un flux inverse, ce qui illustre la porosité entre zones agricoles et espaces boisés ou naturels. Toutefois, ce phénomène d'enrichissement peut s'avérer un état de transition avant urbanisation, résultat d'une rétention foncière.

La localisation et le potentiel agricole de ces deux ensembles de sols sont néanmoins très différents : la déprise/remise en culture concerne en majorité des zones qui ne correspondent pas aux exigences de l'agriculture (montagne, etc.) et qui sont *a priori* peu touchées par l'urbanisation. A l'inverse, une bonne part des terres périurbaines, artificialisées ou susceptibles de l'être, présentent aussi de bonnes ou très bonnes caractéristiques agricoles.

L'estimation de l'impact de l'artificialisation des sols sur les capacités productives de l'agriculture nécessite de connaître la qualité des sols agricoles en amont de leur artificialisation. La notion de qualité agronomique ou « fertilité » des sols agricoles est complexe et on considère aujourd'hui qu'elle résulte de la combinaison de la fertilité chimique, biologique et physique, dépendant ainsi d'une grande diversité de propriétés des sols.

Les études qui visent à **évaluer les pertes de capacité de production** liées à l'artificialisation sont rares. L'une d'entre elles montre qu'en France, l'urbanisation se fait à 70 % au détriment des terres de très bonne qualité, sachant que cette catégorie de terres rassemble elle-même 68 % des sols de France. Compte tenu de l'imprécision des estimations réalisées, le différentiel en défaveur de ces bonnes terres n'est pas significatif et l'artificialisation toucherait de manière équilibrée les sols de différentes qualités. Les pertes de capacité productive que ce même travail tente d'évaluer équivaleraient, pour la France et pour la période 2000-2006, à 0,26 % de la production agricole totale, pertes qui se situeraient exactement dans la moyenne européenne de 0,26 %, avec un équivalent par habitant également dans la moyenne.

**Vus à une échelle locale**, les effets de l'artificialisation des sols sur l'agriculture sont **perçus de façon bien plus concrète**, ce phénomène étant très inégalement réparti sur le territoire national. Il touche plus particulièrement certains espaces agricoles de qualité dont on risque de manquer dans le cadre d'une agriculture de proximité. Situées près des noyaux urbains et aisément convertibles à d'autres usages, ces terres sont d'autant plus vulnérables qu'elles sont, d'une manière générale, moins protégées que les espaces naturels, exception faite des terres bénéficiant de mécanismes spécifiques de protection de type Zone agricole protégée (ZAP). Les surfaces agricoles confrontées à une possible artificialisation sont conséquentes dans les couronnes des pôles urbains. Ainsi, les effets de l'artificialisation des sols sur les terres agricoles et sur la fragmentation de ce territoire productif se ressentent plus fortement à l'échelle locale qu'à l'échelle nationale : la perte de revenus agricoles locaux, mais aussi les difficultés d'exploitation qui en découlent (accès aux parcelles, conflits de voisinage, etc.), sont notables et peuvent gêner l'exercice même de l'activité.

La **proximité aux zones urbanisées** peut aussi devenir une **opportunité** pour la sphère agricole : opportunité financière en cas de conversion d'usage dont les effets sur la production agricole peuvent être relevés ; opportunités économiques par déploiement de productions de qualité et/ou de circuits de vente directe améliorant les prix ou la valeur ajoutée tirés des productions locales.

### Demande de logements et artificialisation des sols

Les modèles de base de l'économie urbaine analysent le processus de localisation résidentielle des ménages à partir d'un arbitrage entre des coûts liés à la demande de logement et des coûts de transport supportés par des ménages qui cherchent à s'installer autour d'un centre d'emploi au sein duquel ils travaillent. Les coûts de logement ont tendance à s'accroître avec la concurrence pour l'occupation des sols qui s'aiguise, à proximité du centre, avec l'augmentation des densités, alors que les coûts de transport diminuent pour ceux qui peuvent se localiser à proximité de ce même centre. C'est au travers de cet arbitrage que l'on peut rendre compte du **mouvement d'étalement des villes autour de leur centre**. Celui-ci est d'autant plus soutenu que le poids des dépenses affectées par les ménages à leur logement s'accroît plus vite que celui des dépenses relatives au transport.

Ce mouvement est accentué par la **croissance de la demande de logements** liée à la conjonction de trois phénomènes complémentaires : la croissance démographique ; la diminution de la taille des ménages ; et la préférence qu'expriment les ménages pour l'habitat individuel, ce dernier élément accroissant la demande en sols artificialisés tant pour le bâti que pour les jardins attenants. A ces trois composantes, s'ajoutent le rôle ambivalent des attributs des lieux, aménités naturelles *versus* urbaines, et celui associé aux bénéfices que les ménages peuvent retirer des interactions sociales.

### Les enjeux liés au périurbain : lutter contre un étalement urbain diffus et discontinu

La **périurbanisation est une tendance de fond** qui concerne aujourd'hui aussi bien des aires urbaines dont la population augmente fortement, que des aires urbaines peu attractives. Ce phénomène, qui reflète un double processus d'expansion et de densification des villes, n'est pas propre à la France : en Europe, les taux d'accroissement les plus élevés des surfaces bâties s'observent aux limites des agglomérations urbaines. L'étalement urbain s'effectue d'abord à la périphérie des zones déjà bâties et en continuité. Il se traduit également en France, par un étalement urbain diffus et en discontinuité avec l'existant, qui est le résultat d'une pluralité de facteurs, dont des politiques de zonage d'exclusion et la rareté du foncier dans les zones sous pression.

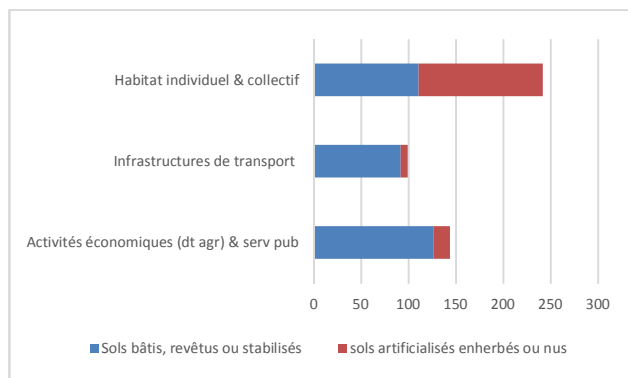


Figure 5 - Solde des flux 2006-2014 des sols artificialisés selon l'utilisation du sol (en milliers d'hectares). Source : Agreste, 2015

La périurbanisation n'est pas nécessairement subie. Elle répond à une demande des ménages en logements individuels et, de ce fait, est une forte source d'artificialisation des sols. Limiter l'extension de cette source d'artificialisation, c'est autant éviter l'extension des frontières de la ville qu'organiser efficacement son étalement dans les communes périurbaines.

De ces constats, se dessinent **des leviers pour les politiques d'aménagement**, œuvrant dans le sens d'une meilleure répartition sociale et d'une prise en compte accrue de la multifonctionnalité des villes. Un premier levier envisageable pour limiter cette urbanisation diffuse serait la **densification des villes** françaises, qui disposeraient actuellement d'importantes marges de manœuvre par comparaison avec la densité des villes d'Europe méridionale et orientale. Mais, les travaux sur les formes urbaines viennent interroger fortement les limites tant sociales qu'environnementales des modèles de villes compactes, laissant entrevoir une controverse sur les objectifs de densification.

Néanmoins, la réhabilitation des espaces vacants, des friches industrielles au sein des espaces déjà urbanisés serait un levier efficace de réponse à la demande de logements et un vecteur d'aménités pour les quartiers alentours. L'estimation des besoins réels en logement et les mesures destinées à recenser les espaces bâtis vacants doivent être le point de départ de ces politiques.

### La nécessité de distinguer habitat individuel et habitat collectif

Bien que, selon Terruti-Lucas, les surfaces destinées à l'habitat ne représentent, en 2014, que 42 % des surfaces déjà artificialisées, près de la moitié des surfaces artificialisées entre 2006 et 2014 l'ont été pour de l'habitat (Figure 5). Si ce flux est nettement plus important que ceux destinés aux activités économiques ou aux infrastructures de transport, il conduit globalement à moins d'imperméabilisation des sols, puisque seulement 45 % de la surface concernée par ce flux sont bâtis, revêtus ou stabilisés. A l'inverse, 90 % des surfaces destinées aux infrastructures ou aux activités économiques sont imperméabilisées.

### Localisation des entreprises et infrastructures de transport, des activités à fort impact sur l'artificialisation des sols

D'autres dynamiques participent à l'artificialisation des sols dont celles du développement des réseaux de transport, des activités économiques et, notamment, des zones d'activités commerciales et des zones logistiques.

Aujourd'hui, le **foncier économique** (entreprises, zones commerciales, entrepôts) couvre 30 % des surfaces artificialisées, selon les estimations de Terruti-Lucas. Et, leur augmentation en termes de surfaces imperméabilisées a été, entre 2006 et 2014, plus rapide que celle des usages résidentiels (Figure 5). De leur côté, les infrastructures de transport représentent 28 % des

surfaces artificialisées en 2014 avec une contribution également importante au mouvement d'artificialisation des sols et leur imperméabilisation.

En Europe comme dans toutes les autres régions du monde, les activités économiques font l'objet d'une **forte concentration dans et autour des grands centres**. Elle est le résultat d'un processus de causalité circulaire et cumulative à la base des mécanismes de l'urbanisation contemporaine : les économies d'échelle (internes aux firmes) et les économies d'agglomération (marchandes et non marchandes) dont les entreprises peuvent bénéficier en se rapprochant les unes des autres amènent les firmes (industrielles ou tertiaires) à se concentrer géographiquement dans des villes déjà existantes. D'un côté, les relations entre clients et fournisseurs favorisent la recherche de la proximité entre activités économiques, d'une part, et avec les consommateurs, d'autre part. D'un autre, la proximité entre firmes d'un même secteur ou de secteurs différents peut diminuer certains coûts, comme ceux relatifs à l'accès à l'information, à l'usage d'équipements communs ou à l'appariement sur les marchés du travail.

On assiste aujourd'hui à une **tendance à l'implantation d'entreprises en périphérie** des villes ou en zones périurbaines, créant ainsi des centres d'emplois secondaires. Deux mécanismes peuvent jouer dans ce mouvement. D'une part, la dynamique des marchés fonciers à l'intérieur de la ville peut conduire les entreprises à choisir de s'installer en périphérie pour bénéficier d'un foncier moins cher sans pour autant dégrader leur accès aux salariés et aux consommateurs. D'autre part, l'ajout d'une infrastructure éloignée du centre (de type rocade) peut inciter les entreprises à se localiser à proximité de celle-ci plutôt qu'au centre.

Cependant, eu égard au faible poids des coûts fonciers dans les arbitrages de localisation de la plupart des activités économiques, la **littérature traitant des conséquences de ces phénomènes sur l'emprise au sol des activités économiques**, et donc sur leur contribution à l'artificialisation des sols, est étonnamment **faible** en comparaison du poids que représentent les entreprises sur le total des surfaces artificialisées.

L'**impact sur l'artificialisation des « grands objets » économiques** comme les centres commerciaux ou les terminaux logistiques fortement consommatrices de surfaces est également peu traité. On observe cependant que si, traditionnellement, les entrepôts logistiques se trouvaient aux franges de l'agglomération dense, voire en leur cœur lorsqu'ils étaient liés aux réseaux ferroviaires, ils se sont déplacés en zones suburbaines et périurbaines et rapprochés des réseaux et nœuds autoroutiers et

des grands hubs intermodaux, notamment aéroportuaires. Ces localisations offrent du foncier ou des locations immobilières à bas prix, mais sont fortement consommatrices de terres agricoles.

Activités économiques portées par les entreprises et infrastructures de transport jouent un rôle important sur les formes urbaines, et leur localisation a une conséquence directe sur la consommation de foncier et les émissions de gaz à effet de serre.

### Des leviers pour éviter, réduire, voire compenser, les impacts de l'artificialisation des sols

Il ressort de l'expertise que les dynamiques de l'artificialisation des sols, en particulier sur les terres agricoles, résistent en grande partie aux **outils fiscaux et de planification** élaborés par les pouvoirs publics depuis les années 1980. En dépit de lois et de règlements successifs, l'occupation économe du sol reste un objectif à atteindre à l'échelle nationale. Il s'avère en effet que, si les outils juridiques en vigueur peuvent être de nature à limiter l'artificialisation du sol, leur mise en œuvre révèle de grandes disparités territoriales.

L'**échelon intercommunal** s'impose aujourd'hui comme le niveau de gouvernance approprié pour gérer au mieux l'usage des sols, mais l'expertise met en lumière l'ambiguïté du droit vis-à-vis de cette gestion. D'un côté l'artificialisation semble encouragée, par souci de répondre aux besoins économiques et sociaux et aux aspirations de développement local, tandis que, de l'autre, les mécanismes de nature à maîtriser les changements d'affectation des sols sont, dans la plupart des cas, dépourvus de force obligatoire. Il réside ainsi une contradiction fondamentale à résoudre pour qu'une politique de limitation de l'artificialisation des sols, telle qu'elle semble engagée, trouve toute son efficacité.

A cette fin, tant la fiscalité que le droit soulignent que la notion d'artificialisation nécessite d'être mieux définie pour être mieux appréhendée. Si tel était le cas, alors différentes politiques publiques pourraient converger et opérer une approche complémentaire, intégrant les problématiques liées au transport, au logement, aux industries, à l'agriculture, etc. La prise en compte des impacts directs et cumulés se verrait alors renforcée. Un des leviers réside alors dans l'élaboration d'un cadre harmonisé de protection des sols, à l'échelle nationale voire européenne.

La **fiscalité** n'est pas d'effet neutre sur le foncier. La plupart des acteurs tendent à y voir un levier d'action de premier rang dans la lutte contre l'insuffisance de logements en France. Il est toutefois clair que toute réforme fiscale ne prendra sa pleine mesure

### Encadré 2 – Les spécificités de l'artificialisation des sols en milieu littoral

Le littoral est soumis aux mêmes processus d'artificialisation que le reste du territoire, mais ils y présentent des **particularités** : poids du tourisme et de l'habitat diffus, influence des activités maritimes (pêche, militaire, commerce, plaisance) dans le développement des infrastructures portuaires, etc. Le littoral présente également une **forme spécifique d'artificialisation** : les aménagements destinés à protéger les terres des incursions de la mer et, plus récemment, à maintenir les plages. C'est une solution peu durable, car ces dispositifs qui visent à fixer le trait de côte bloquent les transferts de sédiments. Les enjeux associés à l'artificialisation sont aussi en partie identiques à ceux des autres territoires. Ils y apparaissent toutefois exacerbés, en raison de la limitation structurelle de l'espace et de la sensibilité aux perturbations des écosystèmes présents.

Les **espaces littoraux ultra-marins** sont confrontés aux mêmes problématiques qu'en métropole en termes d'aménagements. Toutefois, la richesse de la biodiversité, la vulnérabilité face au changement climatique et les particularismes sociétaux, appellent à des réactions spécifiques de la part des pouvoirs publics. L'artificialisation du littoral pourrait y être mieux cernée, à la fois dans sa mesure, mais aussi dans ses impacts.

Les **conséquences** de l'artificialisation ne sont **pas forcément négatives** : le développement touristique constitue une source de revenus pour la population locale, voire un facteur de protection de l'environnement et des paysages littoraux dès lors que ces espaces sont considérés comme ressource touristique. Mais, il génère aussi une hausse des prix de l'immobilier qui exclue les populations locales.

qu'accompagnée d'une politique de régulation foncière convergente, et donc fermement adossée aux outils de planification. En dépit des impulsions en faveur de la transition écologique (2013), rares sont les travaux qui ont été consacrés aux instruments financiers et fiscaux incitant à la densification, non pas tant en raison de la technicité de l'exercice que de l'absence de spécialistes de ces questions et de dispositions existant à cette fin. L'essentiel de la question a été abordé dans le cadre du Comité français pour la fiscalité écologique. D'autres suggestions ont été formulées par ce Comité, à l'instar d'une taxation des bureaux vacants sur le modèle de la fiscalité des logements vacants, permettant d'inciter à les mettre sur le marché plutôt que d'en construire d'autres, ou d'une taxation des friches industrielles et commerciales pour inciter au recyclage foncier.

### Conclusions et besoins de recherche

Cette expertise met en lumière que les sols artificialisés et l'artificialisation des sols en France, leurs impacts, leurs déterminants et les leviers d'action pour en maîtriser l'expansion ou les effets, demeure un sujet de recherche dont nombre de facettes restent inexplorées ou qui appellent une approche renouvelée.

De nombreux facteurs historiques, socio-démographiques et économiques ont fait et continuent de faire de nos sociétés, des sociétés de plus en plus urbaines. Cette urbanisation est l'un des principaux moteurs de l'artificialisation des sols. Une distinction et une mesure plus précises des différentes catégories de processus que recouvre ce terme semblent nécessaires et possibles, à la fois pour éviter des amalgames entre des situations très différentes et pour favoriser la mise en place de leviers adaptés à leur maîtrise quantitative et qualitative et à la réduction de leurs impacts.

Sur le plan des impacts environnementaux, il est clair que c'est l'imperméabilisation des sols qui est le mécanisme le plus dommageable, qu'il s'agisse de menace pour la biodiversité, de risques de ruissellement ou de création d'îlots de chaleurs urbains. A cela, s'ajoute la pollution des sols (et des eaux), liée en particulier aux activités minières et industrielles et à la circulation routière, ainsi que la fragmentation des paysages par les infrastructures de transport. Ce constat milite pour un développement urbain

renouvelé intégrant les espaces verts, parcs, jardins en tant qu'éléments multifonctionnels de l'urbanisation et préservant au maximum les fonctions des sols, en prenant en compte les besoins de continuité écologique. Tous ces éléments sont en outre favorables à la production d'aménités associées favorables à l'attractivité des villes. Ce développement apparaît finalement compatible et même indissociable de la nécessité de préserver les espaces naturels et les terres à potentiel agronomique, en évitant l'émiettement en périphérie des villes, ainsi qu'en milieu rural en général.

Des solutions efficaces existent pour améliorer l'environnement urbain et cette expertise identifie un besoin de recherche fort sur les thèmes de la densité optimale des villes. Par ailleurs, la réversibilité des sols artificialisés est une notion dont l'actualité contraste avec le fort besoin de recherche en la matière, tout comme celle de l'analyse coûts/bénéfices de l'artificialisation des sols comme outil de gouvernance de nature à potentiellement remettre en cause la légitimité d'un projet.

### La démarche d'expertise scientifique collective

L'expertise scientifique collective (ESCo) consiste en un état des connaissances scientifiques actualisé et en son analyse critique permettant de faire le point sur les acquis, débats et controverses qui traversent les communautés scientifiques, les incertitudes dont la prise en compte est nécessaire à l'interprétation des résultats et les lacunes qu'il s'agira de combler à l'avenir. Elle ne formule **ni avis ni recommandation**. La conduite de l'exercice s'appuie sur une charte dont les principes généraux sont la compétence, l'impartialité, la pluralité et la transparence.

Le collectif d'experts réuni pour cette ESCo comporte 55 chercheurs. Leurs disciplines sont équiréparties entre les sciences de l'environnement, les sciences économiques et les sciences sociales.

Le corpus bibliographique a été constitué après interrogation des bases de données *Web of Science-TM*, *Scopus* et *EconLit*. Les experts y ont sélectionné des références et l'ont complété en fonction de leurs compétences disciplinaires. Le corpus final comprend plus de 2 500 références (articles, ouvrages, chapitres d'ouvrages, rapports, textes réglementaires...).

### Pour en savoir plus :

**Béchet B.** (coord.), **Le Bissonnais Y.** (coord.), **Ruas A.** (coord.), **Desrousseaux M.**, Aguilera A., André M., Andrieu H., Ay J.-S., Baumont C., Barbe E., Beaudet-Vidal L., Belton-Chevallier L., Berthier E., Billet Ph., Bonin O., Cavailhès J., Chancibault K., Cohen M., Coisson T., Colas R., Cornu S., Cortet J., Dablanc L., Darly S., Delolme C., Facchinetti-Mannone V., Fack G., Fromin N., Gadal S., Gauvreau B., Géniaux G., Gilli F., Guelton S., Guérois M., Hedde M., Houet T., Humbertclaude S., Jolivet L., Keller C., Le Berre I., Madec P., Mallet C., Marty P., Mering C., Musy M., Oueslati W., Paty S., Polèse M., Pumain D., Puissant A., Riou S., Rodriguez F., Ruban V., Salanié J., Schwartz C., Sotura A., Thébert M., Thévenin T., Thisse J., Vergnès A., Weber C., Wery C., 2017, *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : Déterminants, impacts et leviers d'action*. IFSTTAR et INRA (France), 620 p. (rapport), 127 p. (synthèse).

Photographie de couverture : Christian Slagmulder - Inra

