Document de travail

N°2019-04
octobre

« Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?

Julien Fosse
avec la contribution de Julia Belaunde, Marie Dégremont, Alice Grémillet, Bérengère Mesqui

FRANCE STRATÉGIE
ÉVALUER. ANTICIPER. DÉBATTRE. PROPOSER.

Les documents de travail de France Stratégie présentent les travaux de recherche réalisés par ses experts, seuls ou en collaboration avec des experts extérieurs. L'objet de leur diffusion est de susciter le débat et d'appeler commentaires et critiques.
Les documents de cette série sont publiés sous la responsabilité éditoriale du commissaire général. Les opinions et recommandations qui y figurent engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du Gouvernement.

www.strategie.gouv.fr

Sommaire

1 Un phénomène difficile à cerner 4

1.1 Une notion polymorphe 4
1.2 Une quantification délicate 6
1.3 Des effets sur l'environnement très variables 11
1.4 Une dynamique très hétérogène sur le territoire 13
1.5 Des coûts et bénéfices socio-économiques à préciser 22

2 Les acteurs et déterminants de l'artificialisation 25

2.1 Des porteurs d'enjeux aux intérêts divergents 25
2.2 D'importants écarts de prix du foncier incitant à l'artificialisation 28
2.3 Les causes de l'étalement urbain et de la consommation d'ENAF 300
2.4 Une sous-exploitation de l'espace urbain 33

3 Des moyens de lutte contre l'artificialisation 39

3.1 Des sources d'inspiration européennes 39
3.2 Les leviers de régulation mis en œuvre en France 45

4 Les perspectives liées à la renaturation 61

4.1 Un essai de définition 61
4.2 Les enjeux spécifiques de la renaturation des sols 64
4.3 Des exemples de renaturation 69
4.4 Contribution de la renaturation à l'atteinte de l'objectif zéro artificialisation nette 86

5 Des trajectoires d'atteinte du « zéro artificialisation nette » 89

5.1 Un premier modèle explicatif 89
5.2 Quelques trajectoires 91
5.3 De nombreuses limites 94

6 Recommandations 96

6.1 Améliorer la connaissance des dynamiques d'artificialisation et du potentiel de renaturation des sols 96
6.2 Améliorer la connaissance sur le potentiel et le coût de la renaturation, notamment pour calibrer la baisse brute nécessaire pour atteindre le ZAN 96

6.3 Pour favoriser la densification, la rénovation et le recyclage urbains, des outils réglementaires ou fiscaux sont possibles… 97
6.4 …mais une gouvernance dédiée est nécessaire..... 97
6.5 Combiner renaturation et artificialisation 98

ANNEXES

Définitions 101

Glossaire 103

Références bibliographiques 104

Lettre de mission..... 107

Ce document de travail présente les éléments de diagnostic utilisés pour rédiger le rapport de France Stratégie rendu public en juillet dernier sur l'atteinte du zéro artificialisation nette. Il vise notamment à détailler les données sources disponibles et à préciser les hypothèses retenues pour établir les trajectoires d'évolution de l'artificialisation brute à moyen terme.

« Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?

Julien Fosse

avec la collaboration de

Julia Belaunde, Marie Dégremont, Alice Grémillet, Bérengère Mesqui

Introduction

Réuni à Paris du 29 avril au 4 mai derniers, l'*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (IPBES), le GIEC de la biodiversité, a souligné l'importance et la rapidité de l'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale. Parmi les déterminants de cette érosion, l'artificialisation des terres joue un rôle essentiel. L'étalement urbain et le grignotage progressif des sols par des constructions, des infrastructures routières ou des parkings est en effet à l'origine de la destruction d'habitats naturels et de continuités écologiques permettant à la faune sauvage de circuler. C'est pourquoi le plan biodiversité présenté par le gouvernement le 4 juillet 2018 prévoit d'atteindre à terme l'objectif de « zéro artificialisation nette » (ZAN).

C'est dans ce contexte que le ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, la ministre de la Cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales et le ministre chargé de la Ville et du Logement ont demandé à France Stratégie d'éclairer cet enjeu. Comment définir l'artificialisation des sols ? Quelles sont les principales causes de ce phénomène ? Peut-on réduire la consommation des espaces non artificialisés jusqu'à atteindre le ZAN et, si oui, à quelle échéance ?

Pour répondre à ces questions, il est d'abord essentiel de cerner précisément la notion d'artificialisation. Sur la base d'une analyse de la littérature existante, nous en proposons une définition et en analysons l'évolution en France métropolitaine. La caractérisation des déterminants de l'artificialisation des sols nous permet d'identifier les leviers permettant d'influer sur le phénomène. Nous avons en outre recensé les techniques permettant de renaturer les sols artificialisés, c'est-à-dire de favoriser le retour des sols transformés par l'homme à un état proche de leur état initial. Cette renaturation permet d'entrevoir les moyens de « réparer » l'artificialisation.

L'atteinte du ZAN nécessite ainsi de combiner réduction de l'artificialisation et renaturation des terres artificialisées. L'utilisation d'un modèle économétrique développé par le Commissariat général au développement durable permet d'esquisser plusieurs trajectoires d'évolution des stocks de terres artificialisées cadastrées en fonction de la densification des logements existants et de l'importance de la rénovation urbaine. Cet exercice de modélisation permet d'évaluer le rythme de réduction souhaitable du flux de terres artificialisées pour tendre vers le ZAN, l'intensité des efforts à fournir pour atteindre cet objectif en considérant la possibilité de renaturer le reliquat de terres artificialisées.

1 Un phénomène difficile à cerner

1.1 Une notion polymorphe

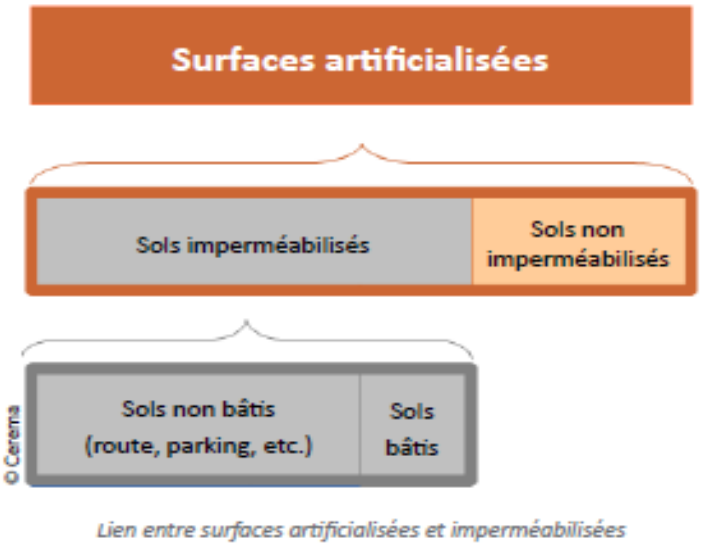
1.1.1 Artificialisation, étalement urbain, imperméabilisation : des définitions entremêlées

La littérature scientifique et technique relative aux questions d'aménagement urbain regorge de concepts relatifs à la transformation des sols par l'homme. Plusieurs notions peuvent ainsi être identifiées :

- l'artificialisation que l'Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers (OENAF) définit comme le « 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 » ;
- l'imperméabilisation, qui correspond au recouvrement d'un sol par un matériau imperméable (enrobé, béton) qui entraîne une altération de la capacité d'infiltration de l'eau ;
- la consommation d'espaces, notion réglementaire utilisée dans le code de l'urbanisme et correspondant au changement d'usage des sols naturels, agricoles et forestiers pour les affecter à des fonctions urbaines (habitat, activités, infrastructures…) ;
- l'étalement urbain, correspondant à une forte consommation d'espaces associée à un faible apport de population au sein des villes.

Ces différentes notions apparaissent très fortement imbriquées, notamment pour ce qui relève de l'articulation entre artificialisation et imperméabilisation (Figure 1).

Figure 1 – Relation entre imperméabilisation et artificialisation



Source : Cerema (2017), La consommation d'espaces et ses déterminants, d'après les fichiers fonciers de la DGFiP

Le terme d'artificialisation des sols recouvre ainsi trois notions entremêlées :

- la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers ;
- le changement de destination de ces espaces, sous l'effet de l'activité humaine ;
- la transformation des caractéristiques des sols, ce qui conduit à leur imperméabilisation partielle ou totale.

L'artificialisation conjugue donc tout à la fois une notion quantitative, liée à la perte de surface de terres, et une notion qualitative, liée à la modification de la nature et de l'utilisation de ce sol.

1.1.2 Des indicateurs de suivi à combiner

Ainsi, les sols artificialisés ou anthroposols recouvrent toutes les terres qui supportent une activité humaine à l'exception de l'agriculture et de la sylviculture. Les terres sur lesquelles se développent des villes, des logements, des activités économiques ou des réseaux de transport peuvent être qualifiées d'artificialisées. Un jardin de maison individuelle ou un parc situé en ville, bien que présentant des aménités en termes de séquestration de carbone, voire de contribution au maintien de la biodiversité, relèvent également des sols artificialisés lorsqu'ils sont issus de la transformation d'un espace naturel, agricole ou forestier.

En conséquence, une appréciation fine du processus d'artificialisation et de son évolution dans le temps impliquerait de disposer tout à la fois de mesures des surfaces concernées et d'indicateurs de caractérisation du processus d'artificialisation, notamment :

- la nature des perturbations apportées au sol (déboisement, pose d'un revêtement temporaire, minéralisation) ;
- le type géographique d'espace concerné par l'artificialisation (urbain dense, péri-urbain, rural) ;

– le type d'activité développée sur les terres artificialisées : le logement (qui peut préserver des terres non imperméabilisées, notamment *via* des jardins), les activités tertiaires (avec plus de risques d'artificialisation, comme pour les grandes surfaces et les parkings), les activités industrielles (avec plus de risque de pollution des sols), les infrastructures de transport (avec des impacts forts en termes de fragmentation des espaces naturels).

L'évaluation de l'artificialisation implique de combiner données quantitatives et approches qualitatives, qui peuvent être abordées grâce à un scoring tel que proposé dans le tableau 1 ci-dessous.

L'expertise scientifique collective réalisée par l'Inra et l'Ifsttar en 2017 suggère qu'une méthodologie croisant télédétection réalisée à grain fin, données cadastrales, topographiques et enquêtes de terrain permettant de confirmer les usages pourrait apporter une définition plus pertinente des dynamiques d'artificialisation.

Tableau 1 – Gradation des composantes de l'artificialisation en fonction de l'anthroposol créé

Type de sol	Exemple	Importance de la perte d'ENAF	Contribution à l'étalement urbain	Importance de l'imperméabilisation
Anthroposol transformé	Jardins, terrains d'agriculture urbaine sur sols reconstitués	Faible à modérée	Faible à modérée	Faible à modérée
Anthroposol reconstitué ou reconstruit	Abords végétalisés d'industries ou de voiries, carrières réhabilitées	Faible à modérée	Modérée	Modérée
Anthroposol ouvert	Friches urbaines ou industrielles, remblais ferroviaires, carrières abandonnées	Forte	Modérée	Faible à modérée
Anthroposol scellé ou imperméabilisé	Surface bâties, voiries, trottoirs, bâtiments	Modérée	Forte	Forte

Source : France Stratégie, 2019

1.2 Une quantification délicate

La caractérisation même des dynamiques d'artificialisation est délicate, car elle implique tout à la fois de mesurer les quantités d'ENAF transformés et d'évaluer la nature et les effets des transformations subies. Pour ce faire, trois principales sources de données sont disponibles :

– Corine Land Cover, base de données de l'Agence européenne de l'environnement s'appuyant sur l'interprétation de données satellitaires pour évaluer l'occupation biophysique des sols ;

– Teruti-Lucas, base nationale fondée sur un échantillon de parcelles enquêtées sur le terrain et alimentant les statistiques européennes d'Eurostat ;

– les fichiers fonciers, correspondant aux données fiscales cadastrées.

1.2.1 Corine Land Cover

Le programme de recherche Corine (*coordination of information on the environment*) a été lancé en 1985 sur proposition de la Commission européenne afin de collecter et de mettre

en cohérence les données sur l'état de l'environnement et des ressources naturelles. Deux grands types d'actions ont ainsi été entrepris pour atteindre les objectifs du programme :

- élaborer des procédures de collecte, de normalisation et d'échange de données sur l'environnement dans les États membres européens ;
- créer un système d'information géographique pour fournir l'information sur l'environnement. Cette base de données a été initiée en 1985 et les millésimes 1990, 2000, 2006, 2012 et 2018 ont été réalisés.

La base de données Corine Land Cover repose sur l'interprétation d'images de télédétection dont l'analyse est croisée avec les cartographies et photographies aériennes existantes. Chaque image satellitaire est ainsi décomposée en unités dont la superficie minimale est d'au moins 25 ha et d'une largeur minimale d'au moins 100 m. Une telle résolution spatiale explique que les routes de moins de 100 m de largeur ne soient pas comptabilisées par cette méthode. Cette unité est définie selon des critères d'analyse harmonisés : elle correspond à une zone dont la couverture peut être considérée comme homogène (herbe, eau, forêt, etc.) ou dont la couverture est composée de zones élémentaires homogènes (tissu urbain, zone portuaire, etc.) ; elle se distingue visuellement des unités environnantes. Une nomenclature en 44 types de sols a ainsi été établie.

1.2.2 Teruti-Lucas

L'enquête Teruti-Lucas (utilisation des terres - *Land Use/Cover Area frame statistical Survey*) vise à connaître annuellement les différentes catégories d'occupation de l'ensemble du territoire (agricole, naturel et urbanisé), au niveau national, régional et départemental, et à quantifier les changements d'usage des sols au fil du temps. Historiquement, elle est une enquête statistique dédiée à l'agriculture. La première enquête sur l'utilisation du territoire agricole remonte à l'année 1946 avec la mise en place de contrôles d'occupation du sol à partir de plans cadastraux. En 1962, la photographie aérienne est introduite pour actualiser les plans cadastraux. L'enquête Teruti repose alors sur l'association de photographies aériennes constituant la base de sondage et de relevés de terrain effectués par des enquêteurs sur un échantillon de parcelles agricoles tirées au sort. À partir de 1982, cet échantillon est étendu à l'ensemble du territoire, au-delà du territoire agricole. En 2005, l'échantillonnage des points est modifié en s'appuyant sur les données de géoréférencement et en se calant sur la méthode d'échantillonnage de l'enquête européenne Lucas (*Land Use/Cover Area frame statistical Survey*). L'enquête Teruti évolue donc vers une nouvelle enquête Teruti-Lucas. Depuis 2005, l'enquête n'a pas connu de modifications majeures, sauf l'utilisation depuis 2012 des déclarations de surfaces des demandeurs d'aide PAC pour renseigner les points situés en sols agricoles.

Teruti-Lucas est une enquête par sondage aréolaire à deux niveaux de tirage (segments et points) : i) le segment est le premier niveau de tirage correspondant à une portion de territoire de 1,5 km sur 1,5 km ; ii) le point est le second niveau de tirage correspondant à un cercle de 3 m de diamètre (fenêtre d'observation de base) dans le cas général ou 40 m de diamètre (fenêtre d'observation étendue) dans le cas des occupations hétérogènes ; iii) les points sont espacés de 300 m à l'intérieur d'un segment.

Une grille systématique, régulière et carrée, de maille 3 km sur 3 km sert de base au tirage d'échantillon. Chaque intersection détermine un segment, portion de territoire carrée de 1,5

km de côté (225 ha). L'objectif de l'enquête nationale annuelle est de visiter les points d'une partie des segments de l'échantillon, tirés au sort. Après retraitement statistique, les résultats observés sur les points d'un segment sont extrapolés pour estimer l'occupation des sols à l'échelle du territoire. Un point Teruti-Lucas représente ainsi approximativement 94 ha pour Paris, les Hauts-de-Seine, la Seine-Saint-Denis, le Val-de-Marne et le Territoire-de-Belfort ; 178 ha pour les autres départements métropolitains de 2006 à 2014 et 349 ha en 2005 ; 40 ha pour la Guadeloupe, la Martinique et La Réunion.

1.2.3 Les fichiers fonciers

La direction générale des finances publiques compile chaque année les données de taxation, et notamment de la taxe foncière. Le CEREMA retraite annuellement ces données, disponibles depuis 2009. Les fichiers fonciers contiennent des données au 1er janvier de l'année. Ils peuvent être utilisés pour observer les évolutions de la consommation d'espaces. Cette source de données est annuelle et localisée à l'échelle de la parcelle cadastrale. Les fichiers fonciers contiennent, dans leurs données, les déclarations fiscales relatives à l'occupation des sols. En étudiant ces données sur plusieurs millésimes, il est possible d'observer l'évolution annuelle des parcelles. Ré-agrégées, ces données donnent l'évolution des espaces NAF et des espaces artificialisés. Le Cerema calcule la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) à partir des changements d'usage des sols. Sont considérés comme ENAF les surfaces totales des subdivisions fiscales enregistrées comme terres, prés, vergers, vignes, bois, landes et eaux cadastrées pour le foncier non bâti. Sont considérées comme espaces artificialisés cadastrés les parcelles correspondant à du foncier bâti, auxquelles s'ajoutent pour le foncier non bâti les surfaces totales des subdivisions fiscales enregistrées comme carrières, jardins, terrains à bâtir, terrains d'agrément, chemin de fer. Les données du cadastre ne permettent donc pas de distinguer les parcelles d'ores et déjà bâties des parcelles déclarées à bâtir et ne comportant pas forcément de constructions.

Les fichiers fonciers sont une base fiscale, basée sur les déclarations des propriétaires. Les données restent donc majoritairement déclaratives, et peuvent présenter des limites en termes de mise à jour. Les fichiers fonciers ne traitent que des données cadastrées, sans traiter le non cadastré (routes, espaces publics, etc.) qui représente 4 % de la surface du territoire national. Les données de consommation d'espaces sont donc souvent minorantes, puisque les espaces non-cadastrés augmentent d'environ 4 000 ha chaque année (soit + 0,2 point d'augmentation du taux d'artificialisation des espaces non cadastrés).

1.2.4 Des divergences importantes

Ne s'appuyant ni sur les mêmes données et méthodes d'analyses, ni sur les mêmes nomenclatures de terres comptabilisées, ces différentes sources sont à l'origine de chiffrages variés des processus d'artificialisation. Ainsi, une maison isolée au sein d'un massif forestier ou de terres agricoles sera comptabilisée de manière différente en fonction de la méthode utilisée (Figure 2) :

- la méthode Corine Land Cover ne distinguera pas cette habitation isolée des forêts et terres agricoles environnantes et cette construction pourrait être comptabilisée parmi les ENAF ;

- la méthode Teruti-Lucas comptabilisera ou non cette maison parmi les ENAF en fonction du positionnement des points et segments enquêtés de manière aléatoire ;
- les fichiers fonciers permettront de distinguer la parcelle construite des parcelles agricoles et forestières environnantes.

Ces différences expliquent que les taux moyens d'artificialisation recensés dans la littérature scientifique soient compris entre 16 000 et 61 200 ha / an en fonction des sources et périodes d'études. Chacune de ces sources présente des défauts rédhibitoires pour une mesure précise de l'artificialisation, définie par les terres non ENAF :

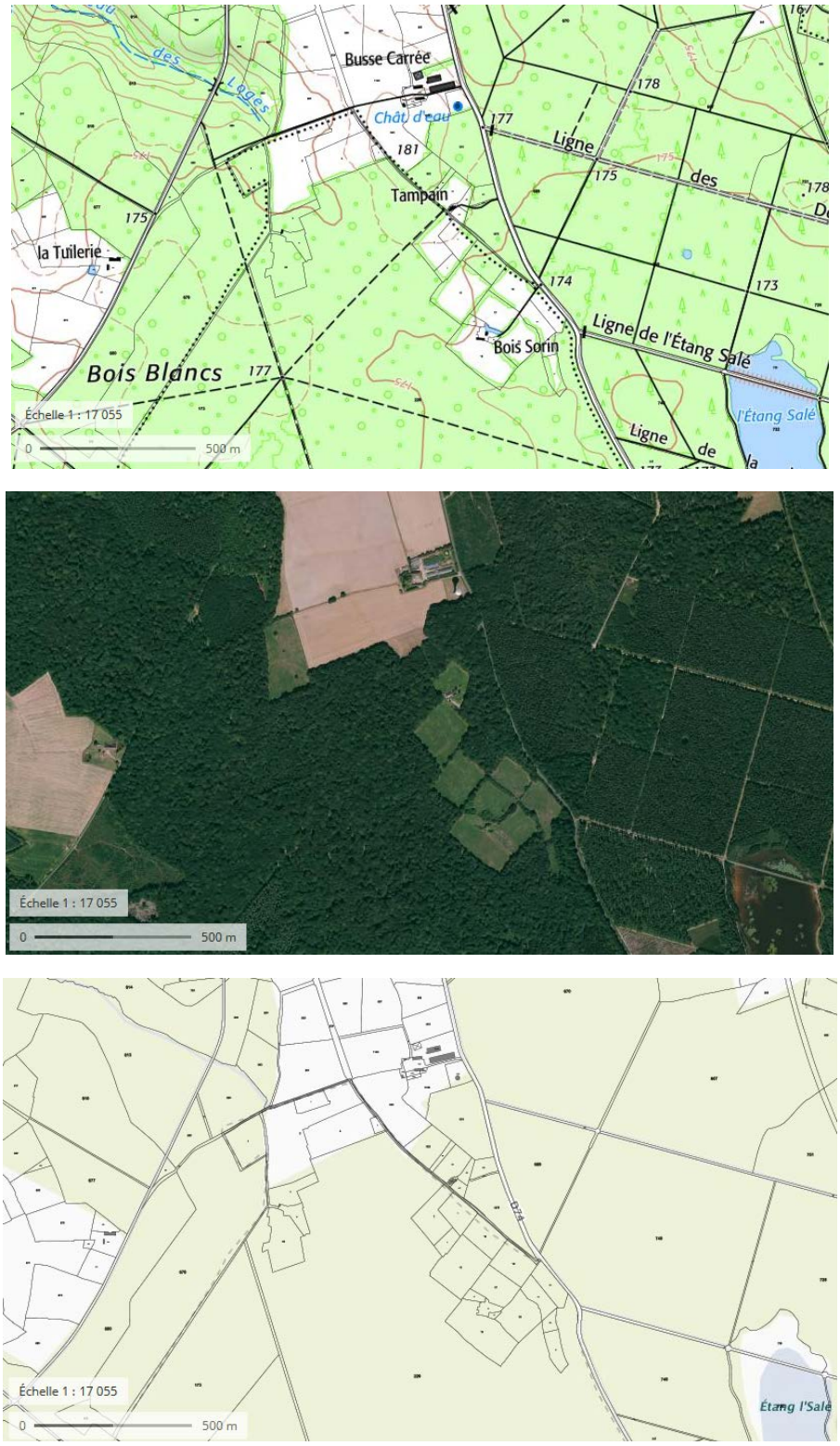
- Corine Land Cover (CLC) couvre l'exhaustivité du territoire, mais les résultats sont obtenus par extrapolation, et l'enquête n'est réalisée qu'une fois tous les six ans ;
- Teruti-Lucas est une enquête et les résultats sont également obtenus par extrapolation à partir de points mesurés sur le territoire. Elle ne fournit donc pas plus que CLC une mesure précise de l'artificialisation sur l'ensemble du territoire ;
- Par définition, les fichiers fonciers n'intègrent pas les sols absents du cadastre (comme le domaine public, qui comprend notamment toutes les routes). *A contrario,* dès qu'une parcelle est classée « à bâtir », elle est comptabilisée comme artificialisée, alors qu'elle peut rester non construite durant des années voire des décennies[1].

Les données des fichiers fonciers, enregistrées à l'échelle de la parcelle cadastrale, présentent le niveau d'analyse le plus fin et permettent à ce titre de mesurer précisément les dynamiques de changement d'occupation des sols. Nous proposons donc de retenir de préférence ces données pour fonder les objectifs de politique publique, en particulier l'atteinte du ZAN, même si elles présentent l'inconvénient de ne pas tenir compte du foncier public non cadastré d'une part, d'intégrer les terrains à bâtir (même s'ils ne sont pas encore construits) d'autre part. Dans la suite du rapport, pour la partie descriptive, nous aurons tout de même recours au cas par cas aux données issues des enquêtes Corine Land Cover et Teruti-Lucas, qui peuvent fournir un niveau de détail ou une profondeur temporelle plus importants que les fichiers fonciers.

L'estimation de la surface artificialisée en France varie de 5,6 % de la superficie nationale selon la méthode Corine Land Cover (2012) à 9,3 % selon l'enquête Teruti-Lucas (2014) (Tableau 2), ce qui représenterait globalement entre 160 et 840 km^2 par an selon les chiffres compilés.

[1] En revanche, pour le flux (les nouvelles terres artificialisées), l'appariement des données cadastrales avec la base des permis de construire permet de distinguer les « terrains bâtis » et les « terrains à bâtir ».

Figure 2 – Exemple de carte IGN, photographie aérienne et extrait de registre parcellaire pour un exemple de maison isolée en zone rurale (lieu-dit Tampain, commune de Coudrecieux, département de la Sarthe)



Source : Géoportail - Institut géographique national (IGN)

Tableau 2 – Artificialisation des sols : chiffrages et méthodes de calculs

	Corine Land Cover	Teruti-Lucas	Fichiers fonciers
Méthodologie	Interprétation d'images satellitaires, permettant de mesurer les stocks et les changements d'occupation des sols tous les six ans	Enquêtes terrain ponctuelles croisées avec les données PAC sur un échantillon de parcelles, permettant d'estimer par extrapolation les stocks et l'occupation des sols chaque année	Traitement des données cadastrales, permettant d'évaluer les changements d'occupation des sols chaque année, les infrastructures routières et les propriétés du domaine public étant exclues
Niveau de résolution spatiale	Carré de 25 ha	Points échantillonnés, dont les extrapolations donnent des estimations pour des carrés compris entre 40 et 178 ha[2]	Parcelle cadastrale
Nomenclature des terres artificialisées comptabilisées	Distinction entre zones urbanisées, industrielles ou commerciales, infrastructures de transport, mines, décharges et chantiers, espaces verts artificialisés	Nomenclature croisant le type de sols (sols bâtis, sols revêtus ou stabilisés, sols nus ou enherbés artificialisés) et leur utilisation	Nomenclature fondée sur la déclaration d'usage des sols
Fréquence	Tous les six ans depuis 1990	Annuel depuis 1982	Annuel
Surface totale artificialisée	3,0 Mha en 2012, soit 5,5 % du territoire métropolitain	5,1 Mha en 2014, soit 9,3 % du territoire métropolitain	3,5 Mha en 2016 soit 7,1 % du territoire couvert par le cadastre et 6,3 % du territoire métropolitain
Augmentation des surfaces artificialisées	12 200 ha/an de 1990 à 2000 33 000 ha/an pour la période 2000-2006 16 000 ha / an pour 2006-2012	61 200 ha/an entre 2006 et 2014	23 000 ha/an entre 2006 et 2016

Source : France Stratégie

Ces différences d'approche impliquent de mettre en place un dispositif de quantification de l'artificialisation suffisamment fin pour mesurer l'évolution de ce phénomène en continu, ainsi que ses effets sur l'environnement. Cela constitue le préalable indispensable à la mise en œuvre de toute politique publique de régulation de l'artificialisation.

1.3 Des effets sur l'environnement très variables

Les modifications induites par l'artificialisation sur les caractéristiques physico-chimiques des sols conduit à une grande variété de sols artificialisés par l'homme, ou anthroposols, dont les risques induits sur l'environnement sont très variables (Tableau 3). Les effets de l'artificialisation des sols apparaissent donc très variables en fonction de la nature même du processus d'artificialisation étudié, allant d'un changement d'usage des sols (transformation d'une terre agricole en un jardin individuel) jusqu'à l'imperméabilisation pure et simple des sols par goudronnage (construction d'une route ou d'un parking). Les effets de cette artificialisation portent sur l'altération de la biodiversité, la gestion des eaux pluviales (limitation de l'absorption des eaux excédentaires), la création d'îlots de chaleur urbaine (réverbération de la chaleur liée aux constructions), la pollution de l'air (destruction d'arbres captant des particules fines), la pollution acoustique et visuelle.

[2] Voir Agreste (2010), « L'utilisation du territoire en 2009. Méthodologie Teruti-Lucas », Chiffres et données, *Agriculture,* n° 213, août.

Tableau 3 – Typologie des impacts sur l'environnement de l'artificialisation des sols

Type d'anthroposol		Transformé	Reconstitué ou reconstruit	Ouvert	Scellé ou imperméabilisé
Exemple		Jardins, terrains d'agriculture urbaine sur sols reconstitués	Abords végétalisés d'installations industrielles ou de voiries, carrières réhabilitées	Friches urbaines ou industrielles, remblais ferroviaires, carrières abandonnées	Surface bâties, voiries, trottoirs, bâtiments
Impacts sur l'environnement, en comparaison d'un ENAF	Biodiversité des sols	Préservation voire amélioration de la biodiversité des sols (microorganismes, méso-, micro- et macrofaune)	Impacts négatifs à très négatifs sur la méso-, micro- et macrofaune, notamment liés aux pollutions diffuses		Destruction élevée de la biodiversité microbienne Impacts négatifs à très négatifs sur la méso-, micro- et macrofaune
	Paysages, habitats et biodiversité animale et végétale	- Impacts potentiels liés à la plus ou moins grande fragmentation des habitats - Diminution de la diversité des espèces et favorisation des espèces exotiques	- Contribution potentielle au maintien de continuités écologiques - Effets négatifs des infrastructures de transport globalement proportionnel aux flux de transport	- Contribution potentielle au maintien de continuités écologiques - Effets positifs potentiels des friches sur la macrofaune	Impacts très négatifs
	Capacité de séquestration du carbone	Teneur en carbone organique élevée	Teneur en carbone variable en fonction du niveau d'altération des couches superficielles des sols		Très fort déstockage de carbone lorsque l'imperméabilisation implique un décapage superficiel des sols, riche en matière organique
	Pollutions des sols	Pollution diffuse potentielle liée à l'accumulation d'ETM et de retombées de particules	Risque de pollution concentrée sur les sols anthropisés ayant subi des pollutions diffuses, notamment par des ETM ou des substances toxiques (polluants organiques de type HAP, pesticides, retardateurs de flammes, etc.).		
	Gestion des eaux pluviales et sur l'hydrologie urbaine	Préservation variable des capacités d'absorption et d'écoulement des eaux, en fonction du niveau d'altération des sols			Aggravation des phénomènes de ruissellement à l'échelle locale et au niveau de bassins versants
	Pollutions des eaux	Pollutions potentielles liées à l'usage de pesticides	Pollutions potentielles liées à la présence de substances toxiques et aux impacts négatifs des transports		Risques de pollutions accrus par les rejets d'eaux pluviales concentrés en polluants
	Microclimat	Capacité de limitation des hausses de température proportionnée à la densité et au type de végétation			Impact sur le microclimat urbain avec le risque d'apparition d'ICU
	Pollution de l'air	Absorption superficielle des particules fines par certains types de végétaux, notamment les arbres			Absorption quasi nulle des particules polluantes
	Pollutions sonores	Capacité relative d'absorption des ondes sonores par les sols, en fonction de la rugosité des sols			Forte réverbération des sons

Source : INRA, 2017

Les effets de l'artificialisation sur l'environnement sont très variables en fonction des caractéristiques physico-chimiques des sols d'une part, de la nature des couverts présents sur ces sols d'autre part. Ainsi, pour qualifier la diversité des impacts environnementaux potentiels des processus d'artificialisation, il apparaît nécessaire de distinguer :

- les processus d'artificialisation « légers » correspondant à la création de jardins, d'espaces verts ou de friches intra-urbaines, modifiant relativement peu les caractéristiques physico-chimiques des sols en comparaison de celles des sols d'ENAF. En conséquence, les potentiels de séquestration de carbone des terres ou d'absorption des eaux sont relativement peu affectés. La biodiversité peut également être préservée sous réserve du maintien de continuités écologiques permettant les déplacements de la faune sauvage et de la préservation des habitats des espèces locales ;
- les processus d'artificialisation « lourds », provoquant la fragmentation des ENAF et pouvant aller jusqu'à l'imperméabilisation totale des sols. Les conséquences de ces processus sont beaucoup plus importants sur la biodiversité, l'hydrologie et les pollutions (des eaux, de l'air mais également sonores).

Au-delà de ces impacts environnementaux, la perte d'ENAF induit la perte des services écosystémiques rendus par ces espaces, qu'il s'agisse :

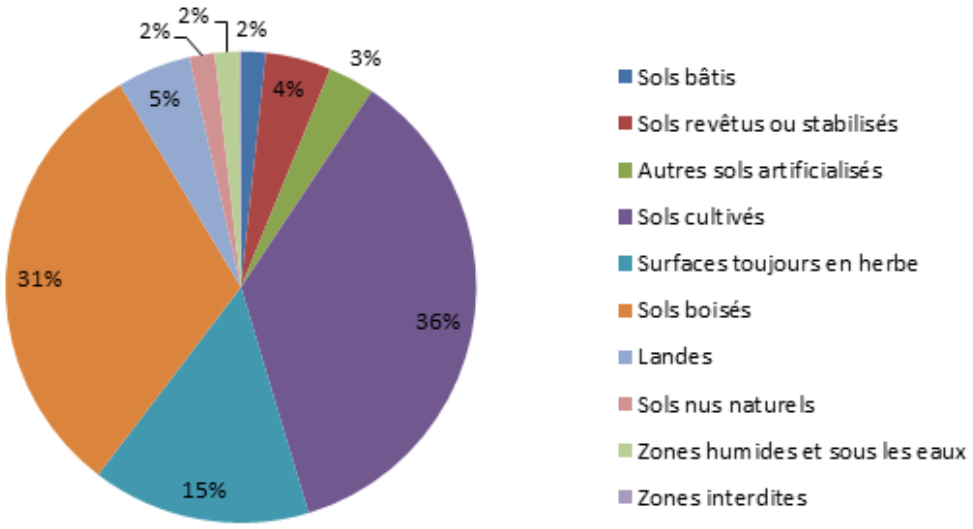
- des services d'approvisionnement liés aux activités agricoles et forestières, ce qui est à l'origine d'une réduction des potentiels de production agro-alimentaires et de biomasse à vocation énergétique ;
- des services de régulation assurés par le fonctionnement des écosystèmes naturels, agricoles ou forestiers (régulation du climat, régulation des inondations, pollinisation, limitation de la diffusion d'agents pathogènes) ;
- des services socioculturels correspondant aux aspects esthétiques, spirituels, récréatifs, éducatifs apportés par la nature.

1.4 Une dynamique très hétérogène sur le territoire

1.4.1 Une artificialisation croissante sur le long terme

L'enquête Teruti-Lucas apporte des éléments de quantification de l'artificialisation, croisés avec l'utilisation des terres artificialisées. Elle constitue à ce titre une référence d'intérêt pour évaluer la nature de l'occupation des sols. En 2015, les sols artificialisés représentaient 9,3 % de la surface totale de la France métropolitaine, dont seulement 1,7 % de sols bâtis. Les 7,6 % restants correspondent à des sols revêtus, stabilisés, nus ou enherbés (Figure 3).

Figure 3 – Répartition en 2015 des différents types de sols en France métropolitaine d'après l'enquête Teruti-Lucas



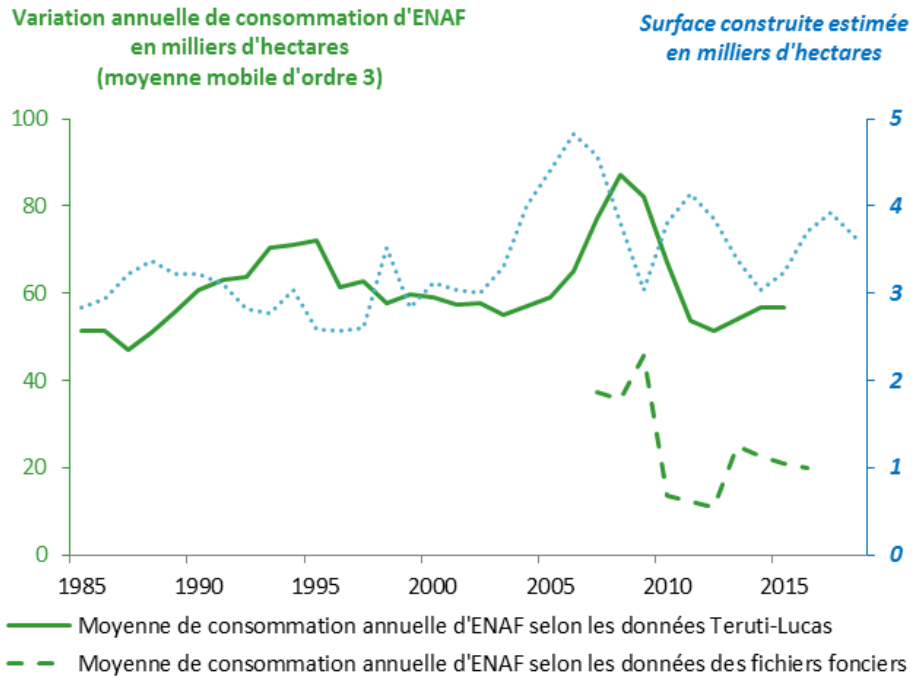
Source : MAA-SSP, 2016

Parmi les facteurs d'artificialisation des sols, l'habitat couvre en 2014 environ 42 % des sols artificialisés recensés par l'enquête Teruti-Lucas (Tableau 4). Le foncier économique (entreprises, entrepôts, commerces) couvre pour sa part 14 % des surfaces artificialisées en 2014, contre 28 % pour les infrastructures de transport.

Depuis 1981, l'augmentation des terres artificialisées est en moyenne de l'ordre de 60 000 hectares par an – soit un peu plus d'un millième du territoire –, sans tendance identifiée. Les terres artificialisées seraient ainsi passées de 3 millions d'hectares à 5,1 millions, ce qui représente une croissance de 70 %, nettement supérieure à celle de la population (+19 %) sur la période. D'après les fichiers fonciers, disponibles depuis 2006, l'augmentation des terres artificialisées serait nettement plus faible, de l'ordre de 23 000 hectares en moyenne sur 2006-2016. Mais cette croissance serait aussi plus élevée que celle de la population (+7,1 % contre +5,4 % sur la période). Sur leur période de recoupement (2006-2014), les deux sources sont cohérentes pour identifier une forte accélération de l'artificialisation juste avant la crise de 2008, avant un retour à une valeur inférieure à la moyenne de longue période (Figure 4).

Un effet sensible de la crise de 2008 sur la dynamique de construction est néanmoins perceptible, avec un net ralentissement des surfaces mises en construction à partir de cette date. Cette dynamique est à rapprocher du cycle de la construction : les permis de construire sont passés de 30,1 millions de mètres carrés en 2002 à 48,2 millions de mètres carrés en 2006, avant de retomber à 38,1 millions en 2008 puis 35,3 millions en moyenne sur 2011-2015 avant de remonter progressivement au-dessus de 36,3 millions en 2018 (base de données Sitadel, SDES-MTES).

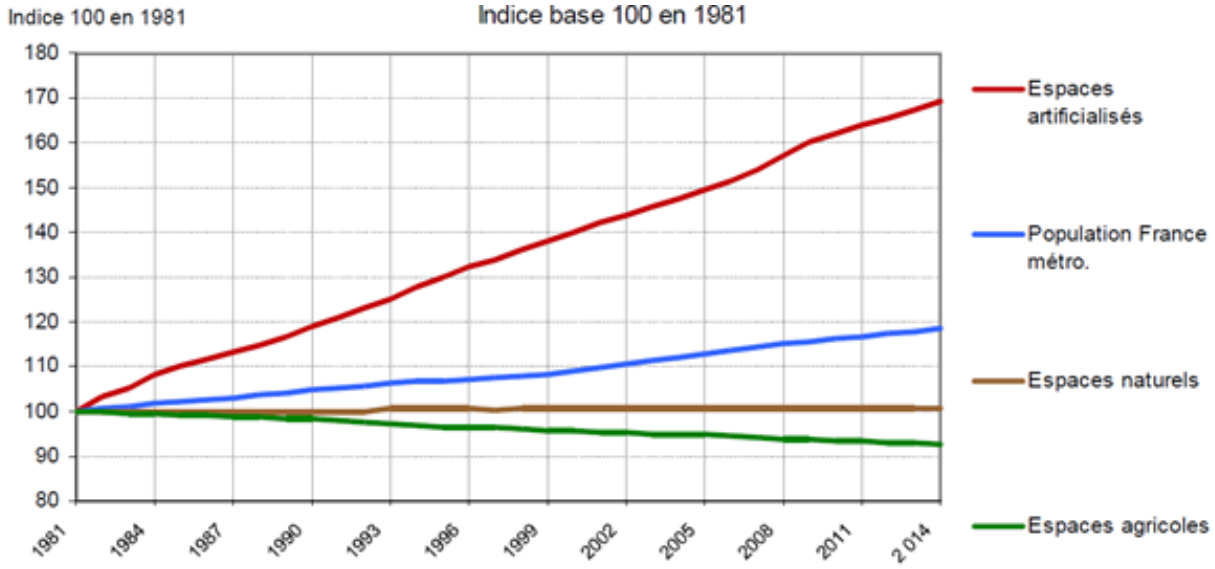
Figure 4 – Évolutions lissées des sols artificialisés, naturels ou agricoles consommés et des surfaces mises en construction depuis 1985



Lecture : en 2008, plus de 87 000 hectares d'ENAF ont été consommés en moyenne selon les données Teruti-Lucas (courbe verte pleine), contre 35 700 hectares selon les données issues des fichiers fonciers (pointillés verts). La même année, plus de 3 800 hectares de surfaces ont été mis en construction d'après les données des permis de construire enregistrés au 1er janvier de chaque année (pointillés bleus).

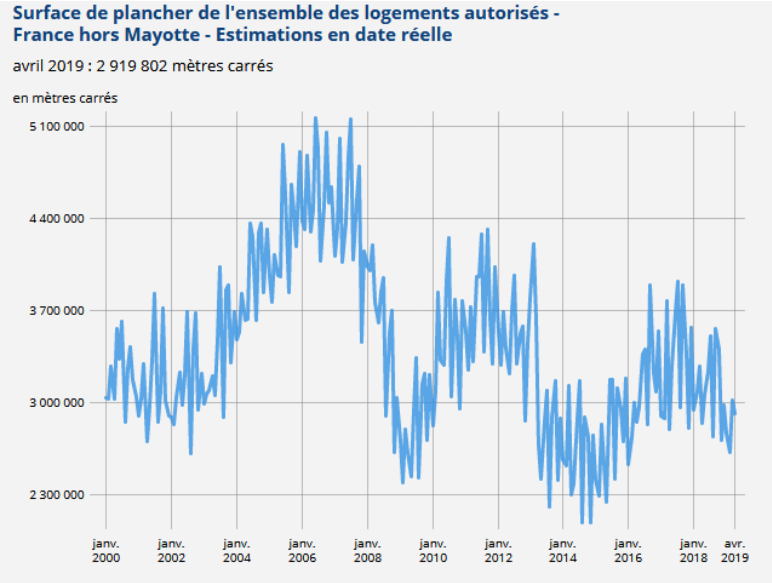
Source : France Stratégie, 2019, d'après les enquêtes Teruti 1983-2014

Figure 5 – Évolution de la population et des superficies d'occupation des sols en indice 100 selon les enquêtes Teruti



Source : ministère de l'Agriculture, SSP

Figure 6 – Évolution en m² des surfaces de plancher mis en construction en France métropolitaine



Source : Insee, 2019

Le lien entre artificialisation et surfaces construites n'est toutefois pas direct, et ce pour deux raisons :

- une partie des constructions peut se faire sur des terres déjà artificialisées, c'est ce qu'on appelle le renouvellement urbain (R). D'après le SDES-CGDD[3], le taux de renouvellement urbain sur la période 2006-2014 s'établit à 0,43 : autrement dit, 43 % des m² construits en France le sont sur des terres déjà artificialisées ;
- lors d'une nouvelle construction, la partie artificialisée correspond à l'ensemble de la parcelle, en général plus grande que la surface de plancher. Le ratio entre la surface de plancher et la taille de la parcelle est appelé la densité (D). Un immeuble de trois étages (R+3), avec une emprise au sol de 100 m², sur un terrain de 1 000 m², aura une densité de 0,4. Au niveau national, la densité des nouvelles constructions est estimée par le Cerema à 0,16 sur la période 2007-2015.

Le lien entre la consommation d'espace (C) et la surface construite (S) peut ainsi s'écrire :

$$C = \frac{S \times (1 - R)}{D}$$

En pratique, au niveau national, le taux de renouvellement urbain et la densité sont relativement stables, ce qui explique la corrélation entre la dynamique de l'artificialisation et celle des surfaces construites[4].

[3] Albizatti C., Poulhes M. et Parraud J.-S. (2017), « Caractérisation des espaces consommés par le bâti en France métropolitaine entre 2005 et 2013 », *Insee Références*, décembre.

[4] Vis-à-vis de l'artificialisation mesurée par les fichiers fonciers, un écart supplémentaire peut provenir du décalage entre le classement d'un terrain à bâtir et la délivrance du permis de construire.

Tableau 4 – Répartition des surfaces artificialisées en 2014 en fonction du type d'occupation des sols

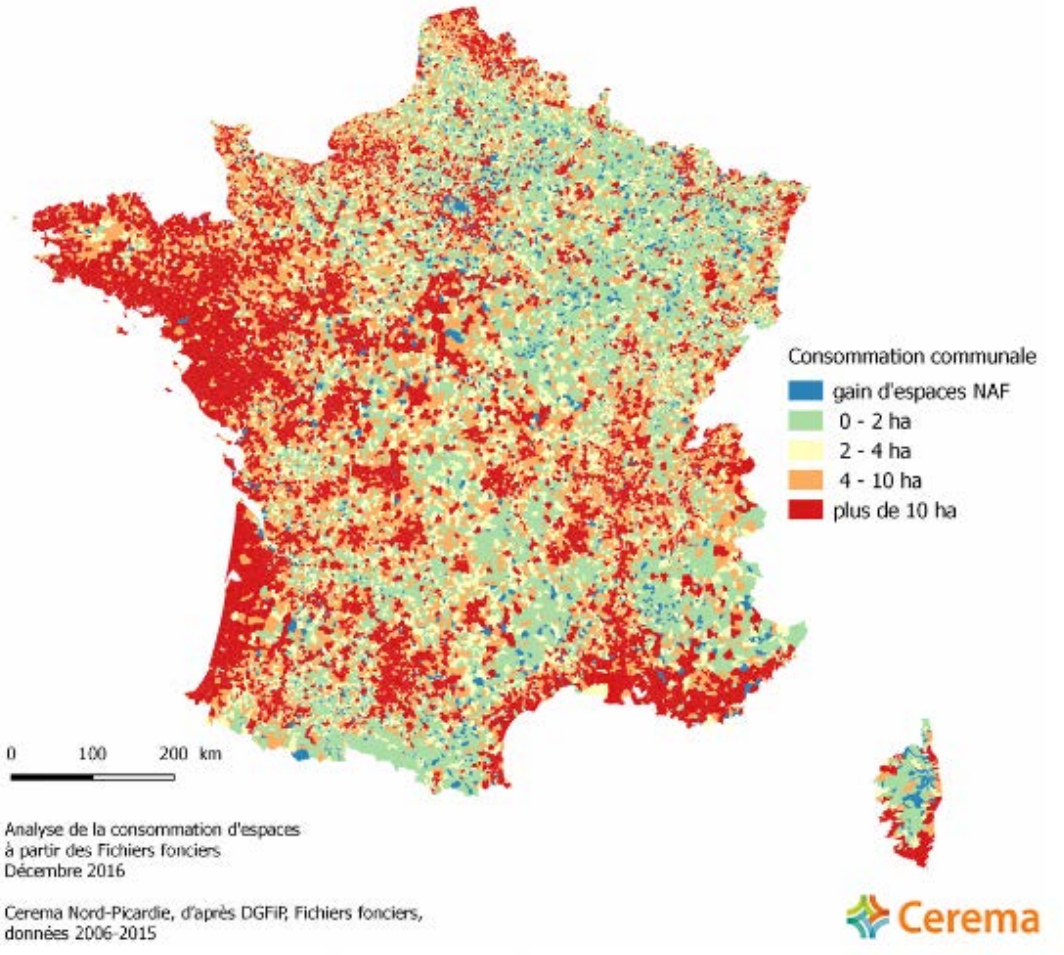
		Total des surfaces artificialisées (en ha)	***Part du secteur dans le total des surfaces artificialisées***		**Volumes construits** (en ha)	**Sols revêtus ou stabilisés** (en ha)	**Sols enherbés ou nus artificialisés** (en ha)
Foncier économique	Infrastructures agricoles	423 560	8,3 %	13,7 %	111 731	306 733	5 096
	Infrastructures sylvicoles	61 513	1,2 %		537	60976	0
	Infrastructures industrielles	212 455	4,2 %		63 970	82 274	66 211
Infrastructures de transport	Réseaux routiers	1 219 671	23,9 %	27,8 %	3 327	1 100 812	115 532
	Autres infrastructures de transports	198 982	3,9 %		23 006	126 842	49 134
Infrastructures de services et loisirs	Services publics	235 157	4,6 %	16,2 %	44 887	107 861	82 409
	Autres services	241 457	4,7 %		85 121	106 586	49 750
	Sports et loisirs	340 684	6,7 %		19 265	110 595	210 824
	Espaces verts	7 280	0,1 %		0	7 280	0
Habitat		2 136 326	41,9 %		561 432	428 667	1 146 227
Autres usages		27 187	0,5 %		9 710	17 477	0
Ensemble		5 104 272	100 %		922 986	2 456 103	1 725 183

Source : extractions de l'enquête Teruti-Lucas , ministère de l'Agriculture – SSP (2015)

1.4.2 Des territoires diversement impactés

L'intensité de l'artificialisation n'est pas répartie uniformément sur le territoire national, comme l'a montré le CEREMA en 2016 sur la base des fichiers fonciers disponibles pour la période 2006-2015 (Figure 7). Une forte artificialisation des sols est ainsi observée sur la quasi-totalité des zones côtières, ainsi que dans le Nord, en région parisienne et dans le sillon rhodanien. Les régions de montagne et le Grand Est apparaissent moins fortement artificialisées sur cette période. Ces consommations communales d'espaces devraient cependant être contrôlées de la taille de la commune, afin d'isoler l'intensité de l'artificialisation.

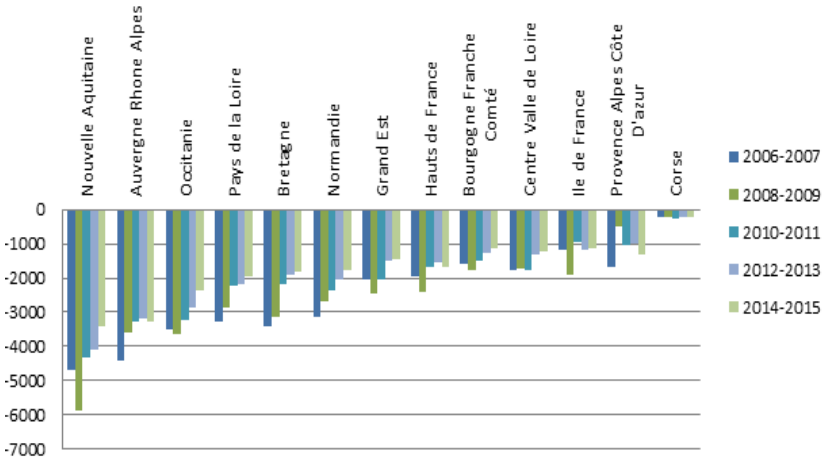
Figure 7 – Consommation communale des espaces NAF de 2006 à 2015 d'après les fichiers fonciers de la DGFip



Source : CEREMA, 2016

Les stocks de terres artificialisées varient très fortement en fonction des régions. Ainsi, les régions Nouvelle-Aquitaine et Auvergne-Rhône-Alpes connaissent la plus forte consommation d'ENAF de 2006 à 2015, la Corse constituant la région la moins impactée (Figure 8).

Figure 8 – Variation interannuelle de la consommation d'espaces NAF en hectares par région, de 2006 à 2015, d'après les données des fichiers fonciers



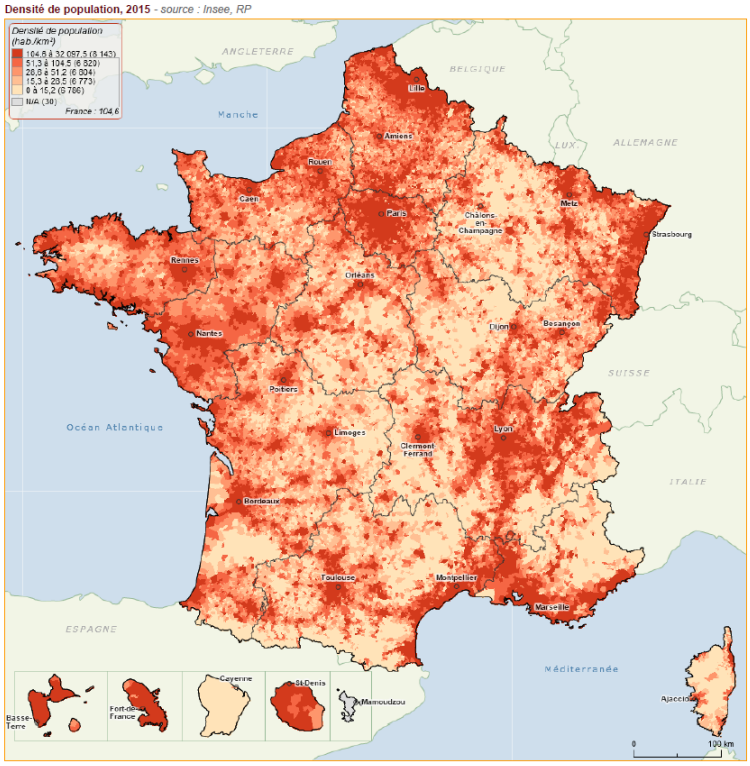
Lecture : en 2006-2007, en région Nouvelle-Aquitaine, 4 700 hectares d'ENAF ont été consommés.

Source : CEREMA, 2016

1.4.3 Une artificialisation corrélée à la densité de population

La densité de population par commune varie très fortement, avec une « diagonale du vide » traversant la France du sud-ouest ou nord-est, des pourtours maritimes et plusieurs grands bassins urbains densément peuplés, centrés sur de grandes métropoles (Paris, Lille, Strasbourg, Lyon, Marseille, Montpellier, Bordeaux, Nantes, Rennes, Toulouse - Figure 9).

Figure 9 – Densité de population par commune en 2015



Source : Cerema, 2016

La densité des grandes villes françaises reste néanmoins inférieure à celle de nombreuses métropoles mondiales, et le plus souvent en dessous de 10 000 habitants par km^2 (Tableau 5).

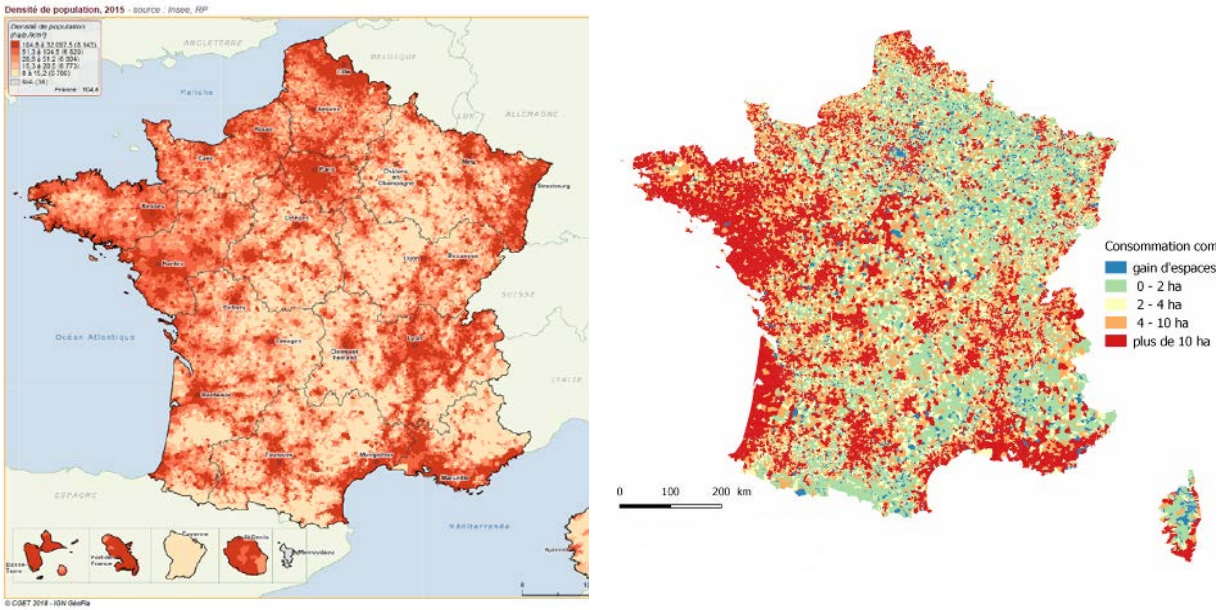
Tableau 5 – Densités de population des principales agglomérations françaises

Ville / agglomération	Population (Mhab)	Densité (hab / km^2)
Levallois-Perret	0,06	27 080
Paris (intra-muros)	2,2	21 154
Lyon	0,5	10 722
Lille	0,2	6 744
Nice	0,3	4 763
Berlin	3,7	3 861
Grand Paris	10,6	3 726
Marseille	0,8	3 580

Source : France Stratégie, 2019

La comparaison de la densité de population par commune en 2015 avec la consommation d'ENAF de 2006 à 2015 montre cependant que certaines communes très densément peuplées ont vu leur consommation d'ENAF diminuer de 2006 à 2015, par exemple en Île-de-France, en Picardie ou en Alsace (Figure 10). L'examen des fichiers fonciers montre même que certaines communes gagnent des ENAF au fil des ans. Ainsi, entre 2015 et 2016, 2 781 communes ont vu leurs surfaces d'ENAF « augmenter », ce qui représente 1 952 hectares. Ce gain est essentiellement lié au déclassement de zones à urbaniser, comptabilisées comme des terres artificialisées, sur lesquelles des projets de construction ont été abandonnés.

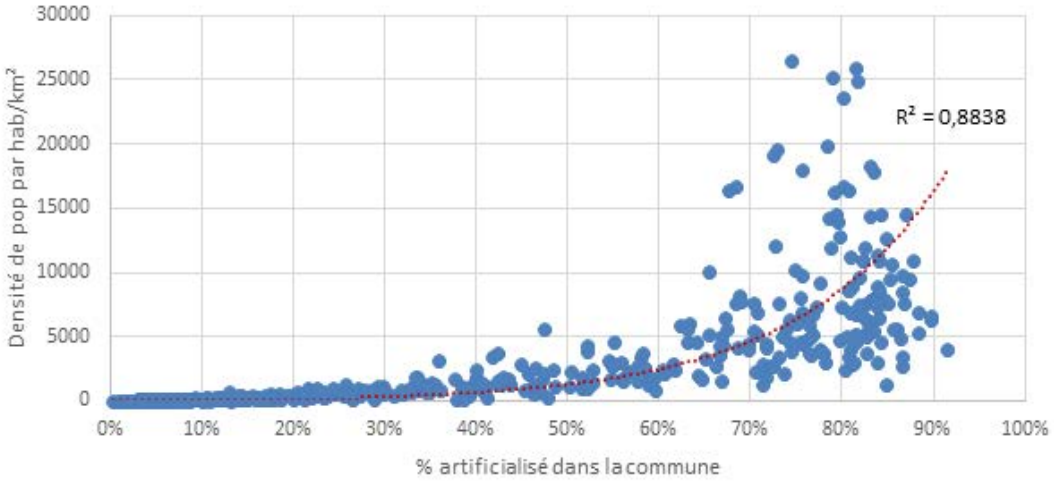
Figure 10 – Comparaison de la densité de population en 2015 avec la consommation des ENAF recensée sur la période 2006-2015 à partir des fichiers fonciers



Source : Cerema, 2016

L'examen des données des fichiers fonciers permet de mettre en évidence une corrélation statistiquement significative entre la densité moyenne par habitant et la proportion des surfaces artificialisées sur l'ensemble de la surface de la commune (Figure 11).

Figure 11 – Corrélation entre la proportion de surface artificialisée par commune en 2015 et la densité moyenne

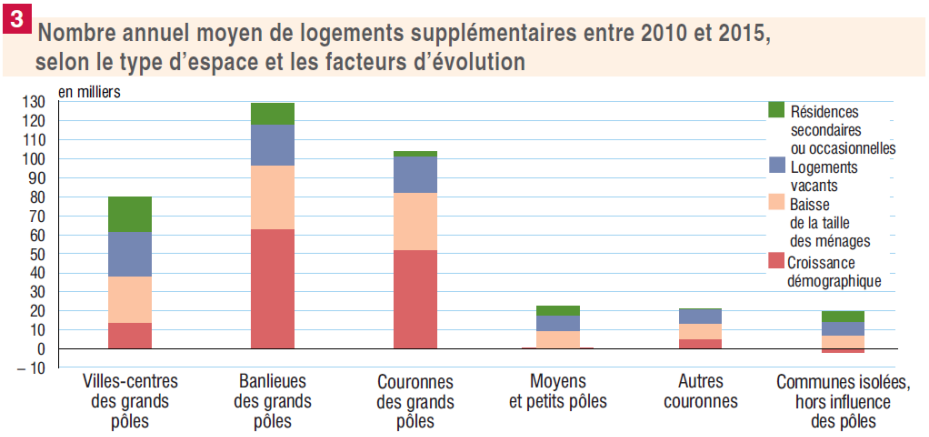


Source : France Stratégie, 2019

1.4.4 L'importance des logements vacants

Les taux de logements vacants en France sont importants en comparaison d'autres pays occidentaux, ce qui s'expliquerait notamment par une dynamique de construction supérieure aux besoins (Sainteny, 2019). Ainsi, sur la période 2010-2015, le taux de vacance de logement a crû de 3,4 % par an, pour atteindre 3,1 millions de logements soit 8,5 % du parc immobilier, contre 4 % en Allemagne, 3 % au Royaume-Uni et 1,7 % en Suisse (Sainteny, 2019).

Figure 12 – Typologie des logements supplémentaires construits de 2010 à 2015



Source : Insee, 2017

La vacance de logements a beaucoup augmenté depuis 2010 (+ 3,4 % par an), constituant désormais 23 % du nombre de logements supplémentaires. La vacance est marquée dans les villes-centres et plus faible en périphérie. Elle est moins prégnante dans les aires urbaines des métropoles régionales, notamment celles où le marché de l'immobilier est tendu (voir figure 12, page précédente).

1.5 Des coûts et bénéfices socio-économiques à préciser

1.5.1 Un secteur créateur de richesse

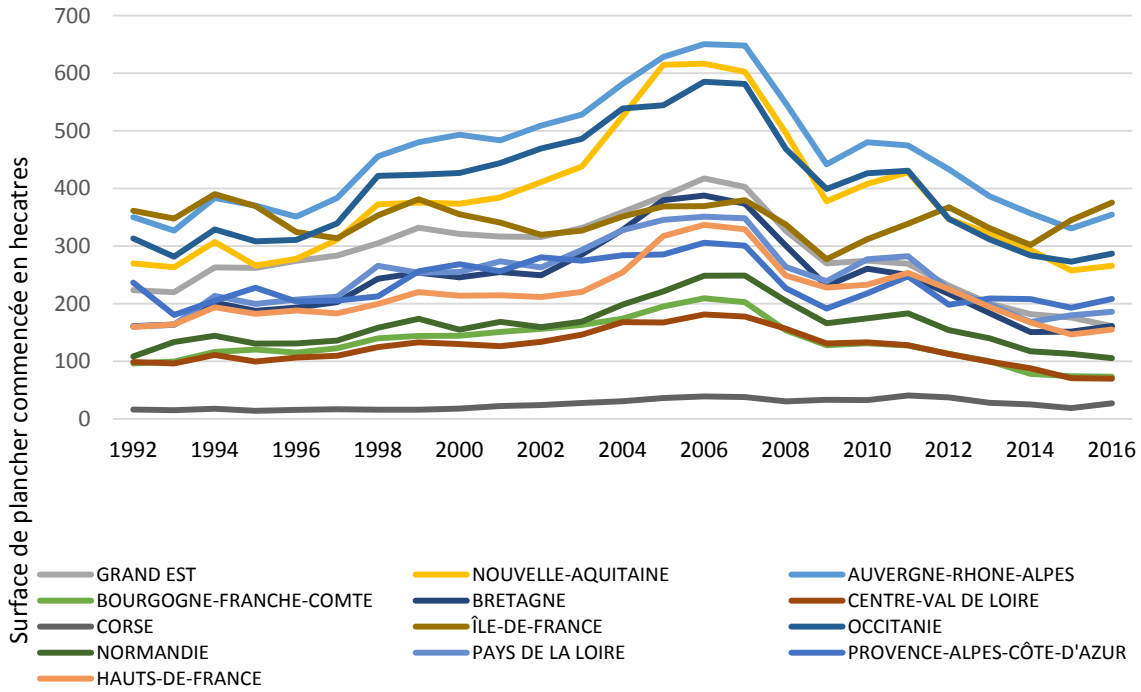
Selon l'enquête emploi de l'Insee (2017), en 2015 1,6 million de personnes de 15 ans ou plus occupent un emploi dans le secteur de la construction en France métropolitaine, soit 6,4 % de la population active. Les constructions sur des terres nouvelles contribuent à la croissance du PIB et à la création d'emplois. Elles sont donc source de recettes pour les pouvoirs publics. Elles connaissent cependant des dynamiques très variables en fonction des régions (Figure 13). Les impacts économiques et sociaux de l'étalement urbain doivent être considérés dans leurs composantes directes, liées au changement d'usage des terres, et indirectes, liées aux coûts d'aménagement de ces terres.

1.5.2 Des coûts induits par le changement d'usage des terres

Il est souvent moins coûteux de construire sur les terres agricoles ou naturelles proches de la ville que de réhabiliter et reconstruire sur des friches urbaines déjà existantes pour construire des logements neufs. La minimisation des coûts de conversion incite donc les propriétaires à construire à proximité du bâti existant, sur des terres initialement agricoles ou naturelles, induisant une extension continue des constructions résidentielles périurbaines. D'après l'expertise scientifique collective Inra-Iffstar de 2018, l'artificialisation se ferait à 70 % sur des terres de bonne qualité agronomique. De 2000 à 2006, 0,26 % de la capacité productive agricole totale aurait ainsi été perdue. L'artificialisation ne constitue cependant pas le principal facteur expliquant ce phénomène, essentiellement lié au déclin économique du secteur et à la déprise agricole, c'est-à-dire l'abandon de terres agricoles qui sont peu à peu reconquises par la forêt.

Au-delà des répercussions de l'artificialisation sur l'activité agricole, les coûts des travaux et équipements visant à compenser la disparition de certains services écosystémiques remplis par les sols doit être pris en compte. Il en est ainsi de la réduction de la capacité des sols à l'infiltration et à la filtration des eaux qui nécessite de mettre en place des systèmes de collecte, de protection et d'épuration. De même, la disparition de végétaux en zone urbaine ou périurbaine présente de nombreux effets directs ou indirects sur la qualité de l'air (Fosse, 2018).

Figure 13 – Surfaces de plancher de logements commencés par année et par région administrative



Source : France Stratégie, 2019

1.5.3 Des coûts d'aménagement

L'analyse des coûts et avantages des différentes formes urbaines (urbain dense, périurbain, rural) est délicate. Ainsi, si la densité favorise les économies d'échelle, celles-ci seraient très fortement atténuées par les fortes densités en zone centrale où les coûts métriques du génie civil sont beaucoup plus élevés. De même, les coûts de raccordement d'un lotissement peuvent varier de manière importante selon la géographie des réseaux. Ces coûts d'aménagement ne sont pas systématiquement intégrés au prix d'achat du foncier. D'autres travaux mettent en avant un surcoût lié à l'étalement urbain, lié à trois types de facteurs : la faible densité, la dispersion et la non-prise en considération de certaines contraintes physiques dans le projet.

1.5.4 Des coûts liés à l'étalement urbain

Une étude du Crédoc datant de 2015 souligne également les surcoûts engendrés par la périurbanisation, mettant en avant le coût de déplacement pour les ménages. Les coûts privés générés par l'augmentation de la distance habitation-travail, ou encore la difficulté d'accès aux commerces et aux services paraissent en effet de plus en plus conséquents. Ils sont cependant le fruit de calculs économiques avantages/inconvénients plus ou moins approfondis, sachant que les coûts d'acquisition ou de location tendent à diminuer en fonction de l'éloignement des grands centres urbains, de même que la pression fiscale locale. Il est par ailleurs difficile de cerner les impacts véritables des politiques d'étalement urbain en matière de santé et de stress. Les impacts paysagers de l'extension urbaine et leurs retombées éventuelles sur le cadre de vie et l'économie locale (touristique par exemple) restent également à préciser.

En résumé

L'artificialisation des terres est un objet difficile à cerner. La littérature scientifique fournit de nombreuses définitions, combinant approche quantitative (en termes de surfaces d'espaces naturels, agricoles ou forestiers transformés en sols artificialisés) et qualitative (en termes de nature de la transformation de ces sols, d'impacts de cette transformation sur l'environnement ou encore de localisation des zones impactées par cette transformation). Il n'existe ainsi pas « une artificialisation », mais des processus d'artificialisation distincts par leurs natures et leurs impacts, allant de la transformation d'une terre agricole en un jardin public jusqu'à l'imperméabilisation totale de cette terre par la construction d'un parking goudronné.

Nous retenons comme définition de l'artificialisation des sols tout processus conduisant à une perte d'espaces naturels, agricoles ou forestiers (ENAF). Cette définition présente un double intérêt. Tout d'abord d'un point de vue écologique, puisqu'elle permet de distinguer les écosystèmes naturels, agricoles et forestiers – qui constituent des réservoirs majeurs de biodiversité – des espaces transformés par l'homme. Ensuite d'un point de vue statistique, puisqu'elle permet de s'appuyer sur les données de changement d'usage des sols recensés dans les fichiers fonciers.

La quantification même des processus d'artificialisation constitue un élément difficile, impliquant tout à la fois de mesurer les quantités d'ENAF transformés et d'évaluer la nature et les effets des transformations subies. Pour ce faire, trois principales sources de données sont disponibles : i) Corine Land Cover, base de données de l'Agence européenne de l'environnement s'appuyant sur l'interprétation de données satellitaires pour évaluer l'occupation biophysique des sols ; ii) Teruti-Lucas, base nationale fondée sur un échantillon de parcelles enquêtées sur le terrain et alimentant les statistiques européennes d'Eurostat ; iii) les fichiers fonciers, correspondant aux données fiscales cadastrées. Ne s'appuyant ni sur les mêmes méthodes d'analyse (ce qui induit des variations importantes de résolutions spatiales, fréquences d'analyse), ni sur les mêmes nomenclatures de terres comptabilisées, ces sources sont à l'origine de chiffrages variés des processus d'artificialisation, avec des taux moyens d'artificialisation compris entre 16 000 et 61 200 ha / an en fonction des sources et périodes d'études.

À l'échelle métropolitaine, selon l'enquête Teruti-Lucas, 5,1 millions d'ha de terre étaient artificialisés en 2015, soit 9,2 % de la surface du territoire. En termes d'affectation de ces sols artificialisés, l'habitat représente 42 % des terres artificialisées au sein de l'échantillon étudié par l'enquête Teruti-Lucas en 2014, contre 24 % pour les réseaux routiers, 9,5 % pour le foncier agricole, et sylvicole, 16 % pour les infrastructures de service et 4 % pour les industries.

Sur la période 1981-2014, la croissance des surfaces artificialisées est tendanciellement plus rapide que la croissance de la population comme le

montrent les données Teruti-Lucas. Cette croissance des espaces artificialisés s'observe malgré la diminution du rythme de surfaces mises en construction à la suite de la crise de 2008 : supérieure à 45 millions de mètres carrés en 2007, la surface de plancher mise en construction est passée sous la barre des 25 millions de mètres carrés en 2016.

À l'échelle des communes, une corrélation est observée entre densité de population et niveau d'artificialisation : les communes les plus densément peuplées sont celles présentant une part importante de leur surface artificialisée. À l'échelle des départements, on observe des dynamiques d'artificialisation contrastées, les départements les moins densément peuplés connaissant des processus d'artificialisation dans les communes isolées, alors que les départements très denses s'artificialisent essentiellement dans les grands pôles urbains et leurs couronnes. Ces différences traduisent la poursuite de l'étalement urbain au sein des métropoles et des phénomènes d'artificialisation plus diffus au niveau des communes rurales. Corine Land Cover estime à 4 500 hectares par an la surface de terres artificialisées spécifiquement due à l'étalement des villes.

2 Les acteurs et déterminants de l'artificialisation

2.1 Des porteurs d'enjeux aux intérêts divergents

Un très grand nombre de porteurs d'enjeux, aux intérêts parfois divergents, sont impliqués dans les processus d'artificialisation des sols. Une typologie peut ainsi être proposée en distinguant acteurs publics et économiques.

2.1.1 Les acteurs publics

La commune et l'intercommunalité

Les communes et intercommunalités définissent la politique locale d'urbanisme et d'affectation de l'espace et mobilisent différents instruments pour sa mise en œuvre, qu'il s'agisse de documents de planification ou des règles qui s'y attachent (permis de construire et d'aménager, fiscalité locale). La loi « Solidarité et renouvellement urbains » (SRU) du 13 décembre 2000 a porté création des Schémas de cohérence territoriale (SCOT) qui visent à coordonner les instruments de planification stratégique à l'échelle d'un large bassin de vie ou d'une aire urbaine, dans le cadre d'un projet d'aménagement et de développement durable (PADD). Le SCOT est destiné à servir de cadre de référence pour les différentes politiques sectorielles, notamment celles centrées sur les questions d'organisation de l'espace et d'urbanisme, d'habitat, de mobilité, d'aménagement commercial, d'environnement. Pour cela, le SCOT assure la cohérence des documents sectoriels intercommunaux : plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi), programmes locaux de l'habitat (PLH), plans de déplacements urbains (PDU).

Les choix de planification mis en œuvre par les communes sont influencés par les agents économiques du territoire : entreprises, commerces, ménages, propriétaires de foncier non

bâti et agricole. En contraignant l'offre immobilière, les politiques de zonage limitent le nombre de constructions nouvelles. Mécaniquement, cette réduction conduit à une augmentation du niveau des prix du foncier, et par conséquent du logement. Un effet éventuellement accentué par la compétition foncière entre les agences de l'État et les promoteurs privés.

Au niveau local, les communes font face à des demandes fortes pour élargir la constructibilité et renforcer l'emploi. Ce phénomène est accentué par la concurrence entre communes permise par la décentralisation fiscale, contribuant à l'accroissement de l'étalement urbain. La mobilité des contribuables incite en effet les aménageurs à exploiter la concurrence entre communes pour développer des programmes immobiliers dans les communes les plus accueillantes sur les plans fiscal et réglementaire.

L'État

L'État assure un contrôle de légalité sur les documents d'urbanisme et accompagne les collectivités locales pour les élaborer. Les politiques de soutien au secteur du logement (prêt à taux zéro par exemple) jouent un rôle déterminant dans les dynamiques de construction et donc d'artificialisation, en ciblant un type de logement, une zone particulière, un groupe de ménages spécifiques. L'État encadre par ailleurs les politiques d'aménagement et joue un rôle prépondérant dans les politiques d'infrastructure.

Les instruments économiques et fiscaux de gestion des territoires sont nombreux. Leur mise en œuvre reste souvent à la discrétion des communes. Ils peuvent faire l'objet de conflits d'objectifs entre protection de l'environnement et développement économique. La lenteur de leur mise en œuvre peut également avoir un effet contre-productif, ajoutant de l'incertitude et favorisant des mécanismes d'anticipation par les agents de la chaine de l'aménagement.

Pour toute question relative à la réduction des surfaces naturelles, forestières et à vocation ou à usage agricole, et sur les moyens de limiter la consommation de ces espaces, l'État peut s'appuyer sur la commission départementale de la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDPENAF), créée par la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (LAAAF) du 13 octobre 2014. Elle s'est substituée à la commission départementale de consommation des espaces agricoles (CDCEA). La CDPENAF émet, dans les conditions définies par le code de l'urbanisme, un avis sur l'opportunité de certaines procédures d'urbanisme, au regard de l'objectif de préservation des terres naturelles, agricoles ou forestières. La CDPENAF associe des représentants de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements, des professions agricoles et forestières, de la chambre d'agriculture, d'une association locale affiliée à un organisme national à vocation agricole et rurale, des propriétaires fonciers, des notaires, des associations agréées de protection de l'environnement, de la fédération départementale des chasseurs et de l'Institut national des appellations d'origine (INAO).

Par ailleurs, tout projet de création ou d'extension d'un commerce de détail ou d'une surface de vente de plus de 1 000 m² est soumis à une autorisation d'exploitation commerciale. Cette autorisation est délivrée en même temps que le permis de construire s'il y est soumis, après avis favorable de la commission départementale d'aménagement commerciale (CDAC). Lorsque le projet n'est pas soumis à permis de construire, le porteur du projet doit saisir la CDAC, en vue de l'obtention d'une autorisation préalable.

2.1.2 Les agents économiques

Les propriétaires agricoles et forestiers

Les propriétaires d'espaces agricoles et forestiers peuvent vendre leurs parcelles pour des usages non agricoles. La différence de prix entre les terres agricoles et les terres urbanisables constitue la principale incitation à la vente pour un usage non agricole. La différence de prix à l'hectare dépend de la valorisation induite par le classement d'un terrain en zone à urbaniser (ZAU) ou en zone urbaine (ZU) au sens du PLU. Le prix faible des terrains agricoles participe de cet écart. Il s'explique en partie par la faiblesse des loyers de fermage, encadrés réglementairement, qui limite la rentabilité des terres agricoles mises à la location et diminue leur valeur sur le long terme (Sainteny, 2018). Cet encadrement vise cependant à faciliter l'accès des agriculteurs – notamment ceux qui s'installent – au foncier.

Les aménageurs et promoteurs

Ils définissent la localisation et le type de projet de construction, en tenant notamment compte de l'écart de prix du foncier non bâti entre centre-ville et périphérie et des différentiels de coûts de constructions (entre l'individuel seul, le pavillonnaire et le collectif). Ces coûts de construction conditionnent également la densité de la construction elle-même au sein de la parcelle. Un prix du foncier élevé doit être rentabilisé par une surface de plancher plus grande. Le prix de l'ancien et de la rénovation peut aussi guider le promoteur vers la construction neuve plutôt que vers la réhabilitation de logements anciens. Le choix pour un propriétaire foncier de construire en milieu périurbain est étroitement lié aux comportements des ménages, dans la mesure où le fonctionnement du marché immobilier incite les promoteurs à construire dans des zones où les ménages souhaitent se localiser.

Pour le secteur du tertiaire (bureaux, commerces), c'est l'écart de rentabilité entre le bâti à usage de logement et le bâti à usage tertiaire qui guidera les acteurs. La réhabilitation de terrains industriels implique des frais de démolition, de remise en état des sols et de dépollution qui s'ajoutent aux coûts de l'aménagement et aux contraintes juridiques et physiques liées.

L'investisseur immobilier

Il oriente ses moyens vers les secteurs les plus rémunérateurs, qui ne sont pas forcément les plus économes en sols. Les ensembles commerciaux en France sont souvent issus de l'initiative d'investisseurs. L'enseigne commerciale, par le paiement d'un loyer, permet à l'investisseur de faire face à ses charges. L'immobilier commercial est ainsi devenu, surtout en périphérie des villes, un investissement intéressant. Les plateformes logistiques, en essor du fait de l'accroissement du commerce en ligne, accentuent en outre cette dynamique.

Les entreprises

Leurs localisations et les dynamiques d'emploi qu'elles induisent jouent un rôle essentiel dans l'aménagement des territoires. La dynamique des marchés fonciers à l'intérieur d'une ville peut conduire les entreprises à choisir de s'installer en périphérie immédiate, pour bénéficier d'un foncier moins cher sans pour autant dégrader leur accès aux salariés et aux consommateurs. L'existence d'une infrastructure routière facilitant l'éloignement du centre (type rocade) peut inciter les entreprises à se localiser près de celles-ci plutôt qu'au centre, notamment pour les entrepôts et plateformes logistiques.

Les ménages

Les ménages choisissent la localisation de leur logement en combinant coût, accessibilité, confort et surface. Leur décision de se localiser en zone périurbaine dépend étroitement de leur budget et de leur niveau de revenu. L'installation en bordure de villes s'explique en effet par un coût d'acquisition réduit (prix du foncier, coûts de construction faibles, financement partiel de l'achat par les politiques publiques favorisant la propriété occupante dans le neuf) et le confort du logement. L'étude des comportements des ménages souligne également une préférence pour les grands logements et les maisons individuelles avec jardin, y compris pour les ménages à dimension réduite.

2.2 D'importants écarts de prix du foncier incitant à l'artificialisation

2.2.1 Entre périphérie et centre-ville

Le développement d'une ville se traduit par une croissance différenciée. Les quartiers d'une ville sont ainsi susceptibles d'avoir des dynamiques de croissance différentes : alors que le centre aura une demande foncière relativement stable, seulement sensible à la conjoncture globale de la ville, chaque zone périphérique peut faire face à de très fortes variations en fonction de conjonctures sectorielles locales. Une zone périphérique pourra ainsi s'avérer sous tension et être artificialisée alors que d'autres zones périphériques resteront vides.

Dans les grandes métropoles et ensembles urbains, les ménages sont globalement incités à s'installer en périphérie car les prix du foncier et de l'immobilier sont globalement décroissants avec l'éloignement des centres, mais également par les subventions dont ils bénéficient. Ce faible prix compense les dépenses en transport plus élevées pour les localisations plus éloignées des lieux d'emplois ou de convivialité. Cet état de fait est néanmoins remis en cause par la hausse du prix du carburant.

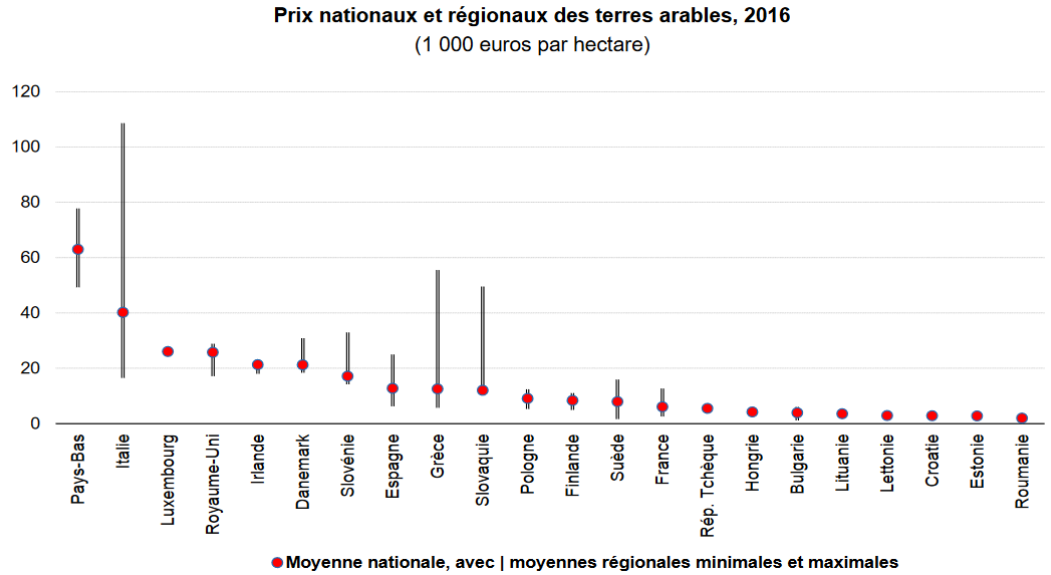
Les écarts de fiscalité qui existent entre la ville centre d'une agglomération et ses communes périphériques, ainsi que les orientations définies par les documents d'urbanisme en matière d'éparpillement urbain, peuvent favoriser l'implantation de grands ensembles commerciaux en périphérie. Par ailleurs, les promoteurs immobiliers ou aménageurs publics, du fait des prix du foncier, des coûts de construction et des rigidités réglementaires, peuvent être incités à construire en périphérie et de manière peu dense.

2.2.2 Entre foncier bâti et non bâti

Le propriétaire foncier est incité à vendre sa terre pour un usage non agricole du fait de la très forte valorisation de sa parcelle lorsqu'elle est rendue constructible. En effet, la valeur de l'hectare agricole en France est parmi les plus basses d'Europe occidentale : environ 6 000 euros / ha en moyenne en 2016, alors qu'il dépasse les 20 000 euros en moyenne aux Pays-Bas, en Italie ou au Royaume-Uni (Figure 14). Une forte variation du prix des terres agricoles est observée en France. Ainsi, selon les données du ministère de l'agriculture, le prix des terres et prés libres en France en 2018 variait entre 1 600 et 32 000 euros par hectare[5].

[5] http://agreste.agriculture.gouv.fr/donnees-de-synthese/prix-des-terres/

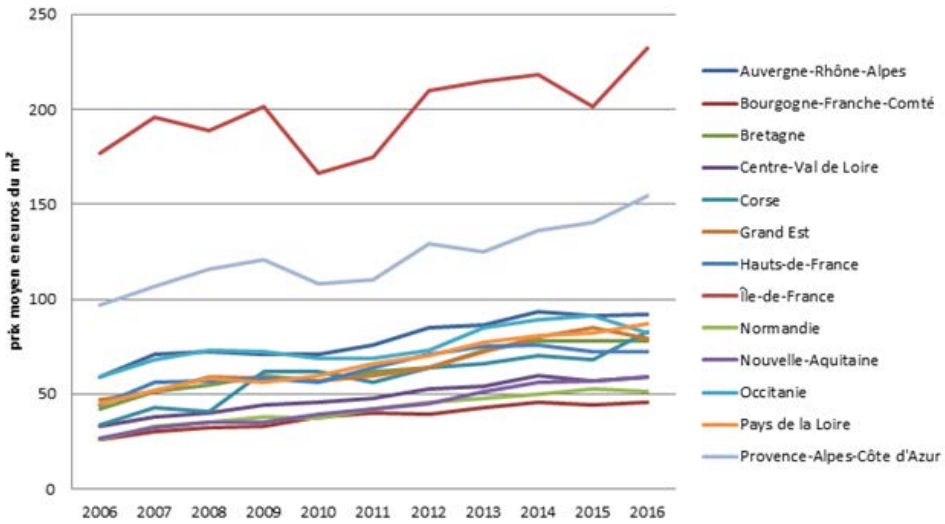
Figure 14 – Comparaison du prix des terres arables en Europe.



Source : Eurostat, 2018

Par ailleurs, la rentabilité brute de l'hectare agricole, qui peut être approchée par le prix moyen du fermage, est très faible (130 euros / ha en France contre 800 aux Pays-Bas ou 530 au Danemark). Selon l'Esco INRA-IFSTARR de 2018, le prix du foncier non bâti est cinquante-cinq fois inférieur à celui du bâti. Le prix du foncier à bâtir n'a cessé d'augmenter de 2006 à 2016 (Figure 15).

Figure 15 – Évolution du prix moyen des terrains à bâtir en France métropolitaine de 2006 à 2016



Source : France Stratégie, 2019

Par ailleurs, la multiplication des zones à urbaniser peut être source de pression foncière. Cette compétition joue à la hausse sur les prix des terres, même pour celles n'étant pas destinées à l'urbanisation. Ce prix constitue le seuil au-delà duquel toute valorisation agricole

ou naturelle du sol est rendue difficile. Ces pressions président à des phénomènes de déprise agricole. Enfin, la hausse tendancielle du prix du logement sur le long terme incite à la spéculation foncière et accroît le prix du foncier à bâtir (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

2.3 Les causes de l'étalement urbain et de la consommation d'ENAF

2.3.1 L'évolution de la composition et des besoins des ménages

Entre 2010 et 2015, dans les banlieues et couronnes des grands pôles urbains, la croissance démographique participe de l'augmentation du nombre de logements. A l'inverse, les moyens et petits pôles urbains ainsi que les communes isolées sont peu impactées par la croissance de la population (Figure 16).

Au-delà de la croissance démographique, la modification de la structure des ménages constitue un élément important d'explication des dynamiques d'artificialisation. Deux facteurs explicatifs sont en effet notables :

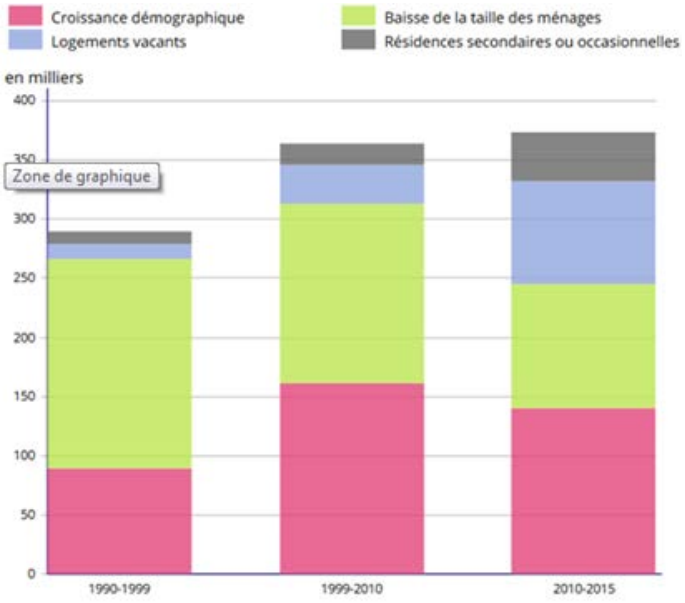
- la hausse de la surface habitable moyenne par personne liée à la hausse des niveaux de vie ;
- la baisse de la taille moyenne des ménages liée au vieillissement de la population, à la baisse de la fécondité et aux séparations plus fréquentes. Ainsi, lorsque la formation du ménage s'accompagne d'une perte de revenu (séparation, départ à la retraite), les petits logements plutôt disponibles au centre des villes ne sont pas accessibles financièrement.

La préférence des Français pour l'habitat individuel constitue une tendance de fond assez lourde. La périurbanisation n'est pas qu'un débordement de la concentration des grandes aires urbaines et ne doit plus être lue uniquement comme un choix « par défaut » pour des ménages ne pouvant accéder à la centralité urbaine pour des raisons économiques. C'est un choix positif, reposant sur la recherche d'un habitat individuel plus récent et un contact accru avec la nature. À l'inverse, si le modèle de la ville dense ou compacte offre des avantages économiques, il est associé à une mauvaise qualité de vie par une partie de la population.

La croissance du nombre des ménages va soutenir cette périurbanisation. Il existe par ailleurs un phénomène de gentrification des centres-villes avec le rejet en périphérie des populations les moins aisées, au profit des villages périphériques qui offrent des conditions de logement plus abordables accélérant ainsi l'étalement urbain. Le prix des logements est en effet globalement inversement proportionnel à la distance du centre-ville dans les grands pôles urbains (Combes *et al*, 2012).

Par ailleurs, sur les zones littorales, on observe une augmentation des résidences secondaires. Le nombre de logements occupés une partie de l'année pour les week-ends, les loisirs ou les vacances (résidences secondaires) ou pour des raisons professionnelles (résidences occasionnelles) a augmenté de 1,3 % par an entre 2010 et 2015. La France compte ainsi 3,3 millions de résidences secondaires ou occasionnelles, soit 9,5 % des logements en 2015, proportion proche de celle de 2010. La part qu'occupe le nombre de résidences secondaires et occasionnelles dans la croissance du parc correspond à 11 % sur la période 2010-2015, le triple de la période 1990-1999 (Insee, 2018).

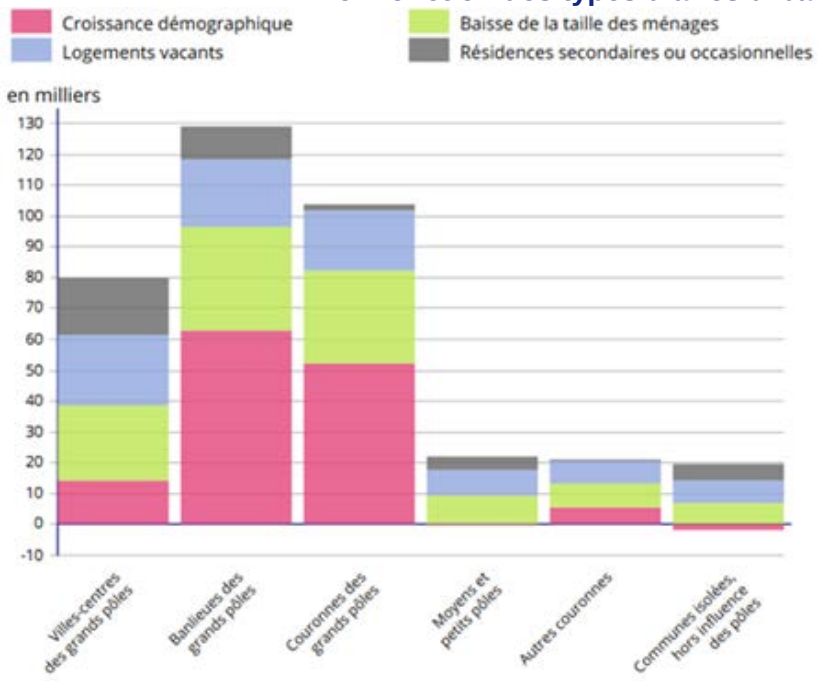
Figure 16 – Répartition des principaux déterminants des constructions nouvelles en France métropolitaine



Lecture : de 2010 à 2015, la variation annuelle moyenne du nombre de logements due à la croissance démographique est en moyenne de 139 600 unités, celle due à la réduction de la taille des ménages est de 105 000 unités. La variation annuelle moyenne du nombre de logements vacants est de 86 900 unités et celle des résidences secondaires de 41 600 unités.

Source : d'après Insee, recensements de la population 2010-2015

Figure 17 – Répartition des principaux déterminants des constructions nouvelles en fonction des types d'aires urbaines



Lecture : de 2010 à 2015, dans les villes-centres des grands pôles, la variation annuelle moyenne du nombre de logements due à la croissance démographique est en moyenne de 14 100 unités, celle due à la réduction des ménages de 24 300 unités. La variation annuelle moyenne du nombre de logements vacants est de 23 300 unités et celle des résidences secondaires de 18 200.

Source : d'après Insee, recensements de la population 2010-2015

Des réseaux de transport en essor

La réduction tendancielle du coût des navettes domicile-travail ou domicile-école contribue à l'accélération de l'étalement urbain. La diffusion de la voiture individuelle, liée à l'augmentation du revenu, contribue également au desserrement des villes. La

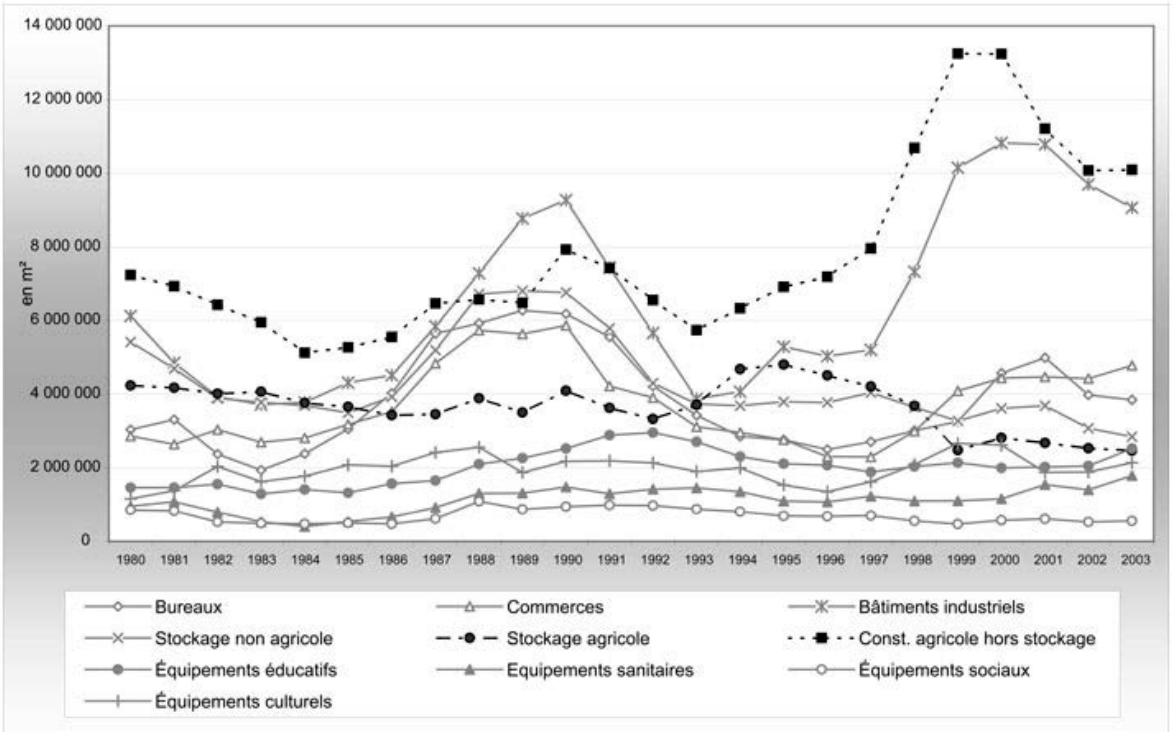
consommation foncière est ainsi la plus forte le long des axes routiers ainsi qu'autour des villes nouvelles et des grands pôles de développement économique. Le prix du foncier combiné au coût et à l'accessibilité des transports influence les stratégies d'installation des ménages et des entreprises. L'arbitrage des ménages s'effectue ainsi entre la localisation des emplois et la recherche d'aménités (qualité des établissements scolaires, aménités naturelles, etc.). De même, le déploiement d'infrastructures de transport favorise la dispersion des industries.

Pour les acteurs publics, en revanche, l'étalement urbain rend le financement des infrastructures plus coûteux car les économies d'échelle liées à la densité disparaissent au fur et à mesure que la ville s'étend en surface.

Le bâti agricole

La construction agricole représente 31 % des constructions non résidentielles métropolitaines en superficie sur la période 1980-2002 (Figure 16). Du début des années 1980 aux années 2000, la diminution des permis de construire (30 890 en 1980 ; 24 300 en 2004) accompagne la disparition d'un grand nombre d'exploitations agricoles (près de 1,3 million en 1979 ; 664 000 dont 400 000 professionnelles au recensement de 2000). Pourtant, sur la même période, la superficie totale des ouvrages progresse de 8 % pour un total cumulé de 274 millions de mètres carrés. Cette croissance s'explique par les dynamiques de concentration des exploitations, qui s'agrandissent et se restructurent, conduisant à la construction de bâtiments d'élevage ou de stockage plus grands (Madeline, 2006).

Figure 16 – Évolution comparée des surfaces construites de 1980 à 2003



Source : Madeline, 2006

Les commerces, industries et plateformes logistiques

La localisation des entreprises en périphérie des villes pour des raisons économiques est un facteur majeur d'étalement urbain qui se traduit par le phénomène des « villes-lisières » (« *Edges cities* »). L'urbanisation s'effectue alors à partir de centres secondaires, nés du redéploiement des activités économiques. La croissance rapide des implantations dispersées des activités et du commerce a induit un étalement urbain autour des pôles de croissance, y compris des zones à enjeu de biodiversité ou à risque. Il a également entraîné une fragmentation accélérée des territoires.

Ainsi, dans de nombreuses petites ou moyennes agglomérations en zones rurales, on observe une extension linéaire 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, menaçant l'avenir même des activités agricoles sur des zones étendues.

Par ailleurs, une forte croissance des infrastructures logistiques est observée. La localisation des entrepôts répond à une triple loi : i) à petite échelle, concentration dans les plus grandes métropoles à proximité immédiate des plus grands marchés ; ii) à l'échelle de l'aire urbaine, desserrement vers le périurbain ; iii) à la très grande échelle, à nouveau concentration à proximité immédiate des nœuds autoroutiers afin de bénéficier d'une accessibilité maximale.

2.4 Une sous-exploitation de l'espace urbain

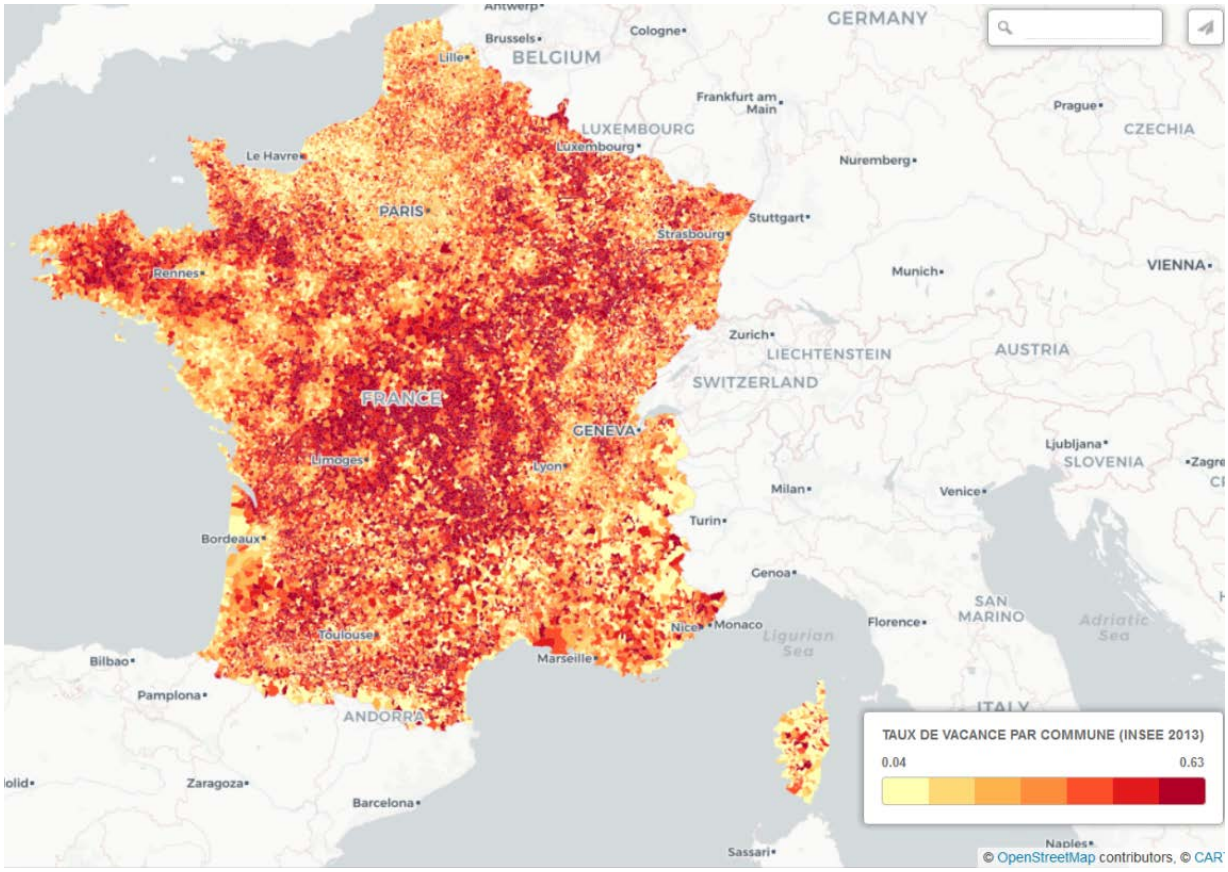
2.4.1 La vacance des logements

En 2015 en France, 2,8 millions de logements étaient vacants, soit 8 % du parc de logements. Cette part n'a cessé de progresser depuis la fin des années 1990 (6,9 % en 1999 et 7,2 % en 2010), mettant ainsi fin à une baisse continue au cours des années 1980 et 1990 (7,6 % en 1982 et 7,2 % en 1990) (Insee, 2018). Les logements vacants augmentent à un rythme plus soutenu qu'auparavant. Leur nombre a progressé de 3,4 % par an en moyenne entre 2010 et 2015, soit un rythme de croissance 2,5 fois plus élevé qu'entre 1999 et 2010 et 6 fois plus élevé qu'entre 1990 et 1999. La vacance touche particulièrement le Grand Ouest et la « diagonale du vide » sud-ouest / nord-est (Figure 17). La vacance est plus marquée dans les villes-centres[6] que dans leurs zones d'influence. À l'inverse, elle est plus équilibrée entre centre et périphérie.

Dans les zones dites tendues, le taux de vacance est souvent moins élevé. C'est également dans les zones non tendues que l'artificialisation est la plus forte (CGDD, 2017).

[6] Dans une unité urbaine multicommunale (ou agglomération multicommunale), la commune abritant plus de 50 % de la population de l'unité urbaine est qualifiée de ville-centre.

Figure 17 – Taux de vacance des logements par commune en 2013



Lecture : la couleur des communes croît avec le taux de vacances des logements, allant de 0 à 0,04 pour les taux les plus bas (beige clair) à plus de 0,12 pour les taux les plus élevés (rouge foncé), si l'on excepte une commune avec un maximum observé de 0,63.

Source : Insee, 2013

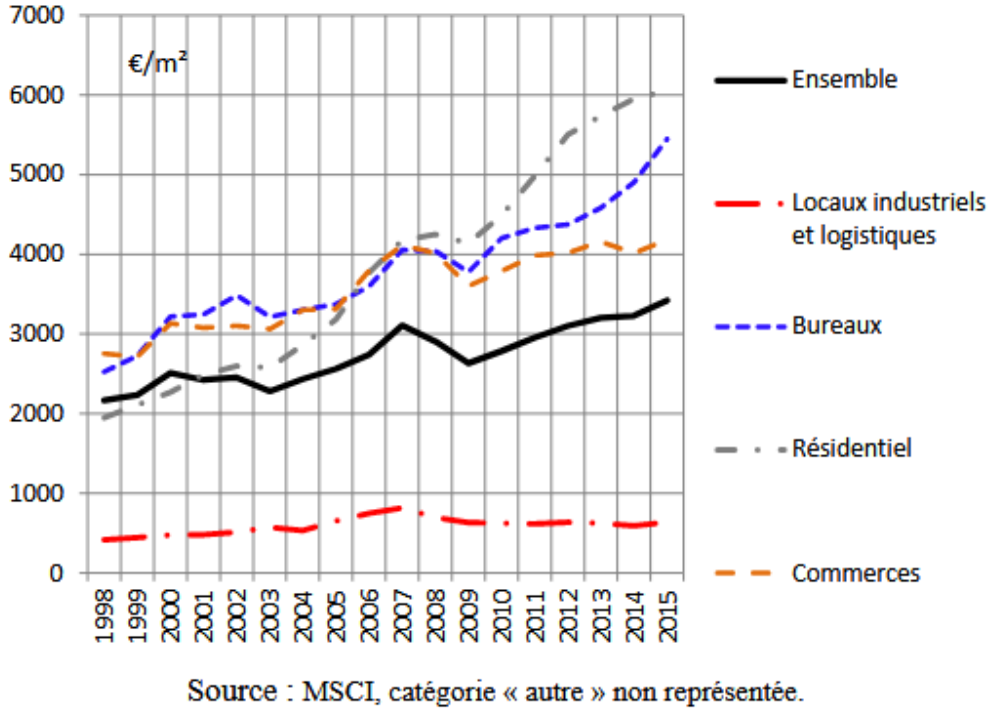
On observe des taux de vacance distincts selon les aires urbaines. Pour les villes-centres des grands pôles urbains, le nombre de logements vacants augmente à un rythme moins soutenu que les autres aires urbaines, mais y est supérieur en niveau avec un taux de vacance de 9,5 %. Dans les couronnes et les banlieues des grands centres urbains, la vacance est plus faible en proportion mais croît plus vite, du fait d'une perte d'attractivité d'une partie du parc et une augmentation des constructions neuves. Dans les territoires restant à l'écart de la croissance démographique, la progression de la vacance se situe à la moyenne nationale selon l'Insee. Elle témoigne du vieillissement de la population et des difficultés économiques de ces régions plus isolées. La vacance se traduit alors par l'obsolescence du parc de logement. Dans les zones littorales et de montagne, le développement des résidences secondaires limite le problème.

La vacance de logements est liée à l'inadéquation entre l'offre et la demande, notamment en termes de localisation des logements par rapport aux bassins d'emplois ou de vie, d'aménagement intérieur (nombre de chambres par exemple) ou de performance énergétique. Le contexte technique et réglementaire du bâtiment rend coûteuse la modification des bâtiments existants pour les besoins nouveaux.

2.4.2 La vacance des locaux tertiaires

La vacance des locaux tertiaires est liée à l'inadéquation entre l'offre et la demande. Elle s'explique également de manière structurelle, du fait de la rotation du parc immobilier et de la spéculation appliquée aux bureaux. L'immobilier commercial connaît en effet une hausse constante en France, quel que soit le secteur concerné (Figure 18). Dans le cas particulier des commerces, la vacance peut être liée à la dévitalisation des centres-villes, notamment dans les villes moyennes, du fait de la perte d'équipements et services ou d'une fiscalité plus avantageuse en périphérie.

Figure 18 – Évolution du prix en euros par m² de l'immobilier commercial en France



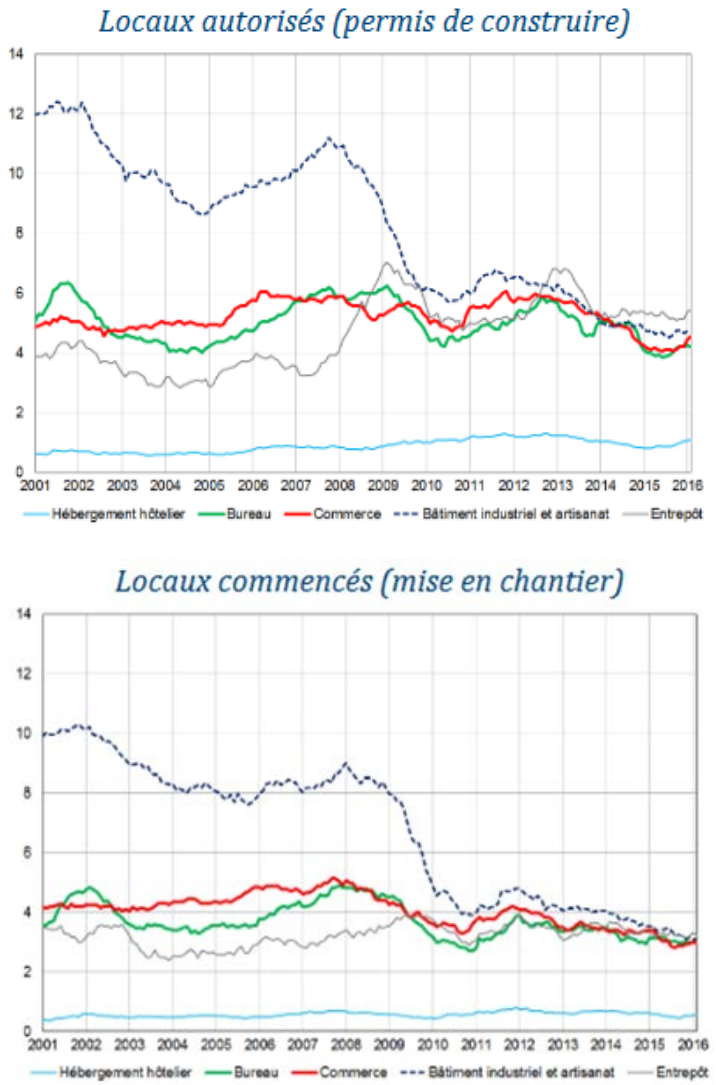
Source : MSCI, catégorie « autre » non représentée.

Source : HCSF, 2016

L'offre de biens disponibles sur les principaux marchés de l'investissement immobilier commercial est relativement élevée, ce qui est à mettre notamment en regard des niveaux importants de construction de bureaux au cours des années 2000. Les données montrent cependant un tassement global à l'échelle nationale, même si un niveau d'offre déjà élevé s'observe sur certains segments (Figure 19).

En particulier, l'offre immédiate de bureaux en Île-de-France diminue légèrement sur l'année 2015 (- 3 %) sur un an pour s'établir à 3,9 millions de mètres carrés, soit un taux de vacance proche de 7,5 %. L'offre disponible diminue également sur le segment des entrepôts sur le territoire national (- 1 3 %, avec 3 millions de mètres carrés disponibles en 2015 en France), poursuivant la tendance enregistrée sur les années passées.

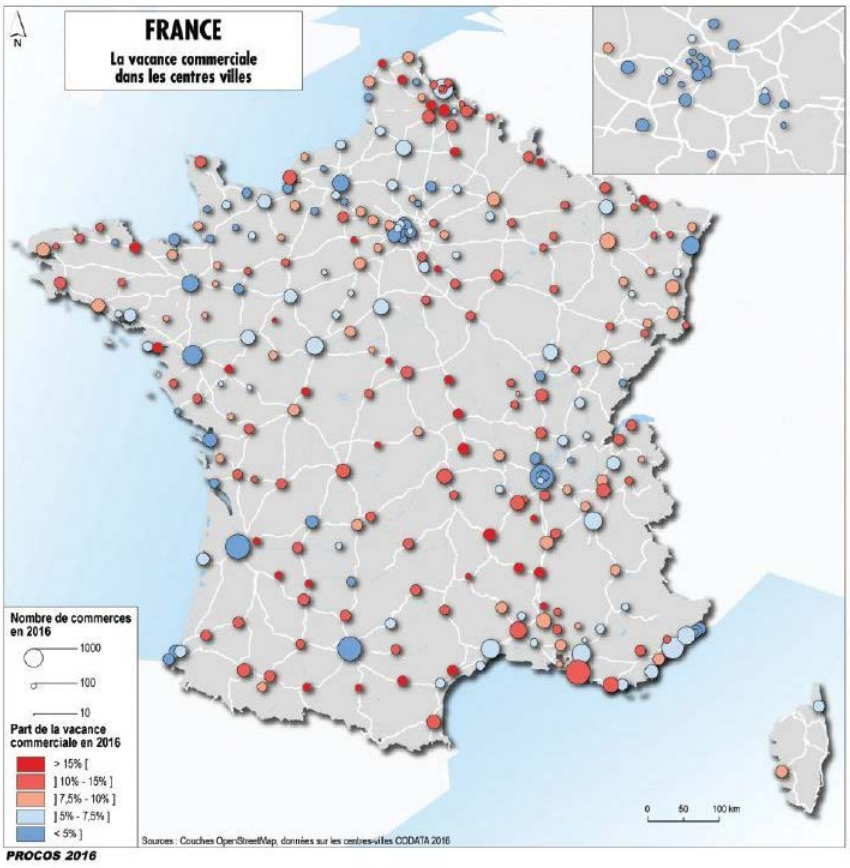
Figure 19 – Construction de locaux non résidentiels en France, en surface de plancher en millions de m²



Source : HCSF, 2016

La vacance commerciale ne touche pas de manière uniforme tous les centres-villes (Figure 20). Les petites et moyennes villes ainsi que les cœurs d'agglomération de moins de 50 000 habitants sont davantage touchés par ce phénomène. En 2015, la moyenne nationale de vacance des locaux commerciaux était de 9,5 % (Bicard, 2016). La vacance passe de 9,3 % à 11,1 % de 2014 à 2015 dans ces communes. Pour les agglomérations de 50 000 à 100 000 habitants, elle passe de 10,3 % à 11,3 % et pour celles de 100 000 à 250 000 habitants de 8,7 % à 9,2 %. Le niveau de vacance est maintenu à 6 % dans les cœurs d'agglomération de plus de 500 000 habitants.

Figure 20 – Répartition et importance de la vacance des locaux commerciaux en France en 2016



Source : Bicard, 2016

Le parc de surfaces commerciales depuis les années 2000 croît à un rythme annuel de 3 % par an tandis que la consommation n'a progressé que de 1 % par an. Dans le même temps, le rapport chiffre d'affaires/m² diminue de 1,2 % par an depuis 2013 dans les centres-villes. Le phénomène de vacance touche l'ensemble des surfaces commerciales, avec une vacance de 10,8 % en 2017 au sein des centres commerciaux et de 7,3 % pour les zones commerciales.

2.4.3 Le mitage

Le mitage désigne la dispersion des constructions dans un paysage naturel. Le mitage résulte de la multiplication de projets de petite taille, notamment d'habitations construites diffusément par les particuliers, auxquelles s'ajoutent les nécessaires infrastructures pour les relier aux centres urbains. Il est à l'origine de pressions sur l'agriculture et l'environnement. Il s'explique notamment par le prix des terres éloignées plus faible que celui des parcelles avoisinant les zones déjà bâties.

En résumé

Les communes et intercommunalités définissent la politique locale d'urbanisation, en s'appuyant sur de nombreux instruments de planification. Les communes ont globalement intérêt à soutenir l'installation de ménages et d'entreprises sur leurs territoires, pour en maintenir le dynamisme. L'État assure pour sa part un contrôle de légalité sur les documents d'urbanisme et accompagne les collectivités locales pour les élaborer.

Les entreprises, par leurs localisations et les dynamiques d'emploi qu'elles induisent, jouent un rôle essentiel dans l'aménagement des territoires. La dynamique des marchés fonciers à l'intérieur d'une ville peut conduire les entreprises à choisir de s'installer en périphérie immédiate, pour bénéficier d'un foncier moins cher. L'existence d'une infrastructure routière facilitant l'éloignement du centre peut inciter les entreprises à se localiser près de celles-ci plutôt qu'au centre, notamment pour les entrepôts et plateformes logistiques. Les écarts d'imposition locale qui existent entre la ville centre d'une agglomération et ses communes périphériques, ainsi que les orientations définies par les documents d'urbanisme en matière d'éparpillement urbain, favorisent l'implantation de grands ensembles commerciaux en périphérie.

Le choix pour les aménageurs et promoteurs de construire en milieu périurbain est étroitement lié aux comportements des ménages. Ceux-ci choisissent en effet la localisation de leur logement en combinant coût, accessibilité, confort et surface. L'installation en bordure de villes s'explique par un coût d'acquisition réduit et le confort du logement. Dans les grandes métropoles, les ménages sont globalement incités à accéder à la propriété en périphérie car les prix du foncier et de l'immobilier sont globalement décroissants avec l'éloignement des centres. Ce faible prix compense les dépenses en transport plus élevées pour les localisations plus éloignées des lieux d'emploi ou de convivialité. Cet état de fait est néanmoins remis en cause par la hausse du carburant. Au-delà de la croissance démographique, la modification de la structure des ménages explique une part des dynamiques d'artificialisation. La hausse des niveaux de vie permet d'augmenter la surface habitable moyenne par personne.

La multitude des acteurs impliqués dans les dynamiques d'artificialisation fait apparaître deux principales lacunes : i) un manque de concertation/coordination entre ces acteurs : l'association de l'ensemble des parties prenantes (acteurs publics, agents économiques, associations) pour ce qui relève du partage d'un diagnostic de consommation des ENAF sur un territoire donné ; ii) une absence de vision intégrée du territoire et de vision de long terme, qui permettrait de définir une stratégie d'aménagement territorial de long terme.

L'étalement urbain est soutenu par l'évolution des demandes et besoins des ménages. La périurbanisation ne doit plus être lue uniquement comme un choix « par défaut » pour des ménages ne pouvant accéder à la centralité urbaine pour des raisons économiques. C'est un choix positif, reposant sur la recherche d'un

habitat individuel plus récent et un contact accru avec la nature. La réduction tendancielle du coût des navettes domicile-travail ou domicile-école contribue à l'accélération de l'étalement urbain. La diffusion de la voiture individuelle contribue également au desserrement des villes. Ce desserrement peut accélérer le mitage des territoires. Le mitage résulte de la multiplication de projets de petite taille, notamment d'habitations construites diffusément par les particuliers.

L'artificialisation des terres et les dynamiques de construction s'appuient pour l'essentiel sur les différentiels de prix des terres entre : i) terres agricoles ou forestières et terrains constructibles ; ii) foncier bâti et non bâti ; iii) périphérie et centre-ville. Le développement d'une ville se traduit par une croissance différenciée, notamment guidée ou incitée par les dispositifs fiscaux et instruments de planification mis en œuvre localement.

Les propriétaires d'espaces agricoles et forestiers occupent une place essentielle puisqu'ils peuvent vendre leurs parcelles pour des usages non agricoles. La différence de prix entre les terres agricoles et les terres urbanisables constitue la principale incitation. En effet, la valeur de l'hectare agricole en France est parmi les plus basses d'Europe occidentale.

La sous-exploitation des logements privés ou tertiaires constitue un facteur majeur. En 2015 en France, 2,8 millions de logements étaient vacants, soit 8 % du parc de logements selon l'Insee. Cette part n'a cessé de progresser depuis la fin des années 1990 (6,9 % en 1999 et 7,2 % en 2010). Le développement des résidences secondaires en constitue un élément aggravant. Le nombre de logements occupés une partie de l'année pour les week-ends, les loisirs ou les vacances (résidences secondaires) ou pour des raisons professionnelles (résidences occasionnelles) augmente de 1,3 % par an entre 2010 et 2015. La France compte ainsi 3,3 millions de résidences secondaires ou occasionnelles, soit 9,5 % des logements en 2015, en plus des logements vacants.

La vacance des locaux tertiaires est pour sa part liée à l'inadéquation entre l'offre et la demande. Elle s'explique également de manière structurelle, du fait de la rotation du parc immobilier et de l'influence du marché, notamment pour ce qui relève de la spéculation appliquée aux bureaux. Le prix de l'immobilier commercial connaît en effet une hausse constante en France, quel que soit le secteur concerné, depuis vingt ans.

3 Des moyens de lutte contre l'artificialisation

3.1 Des sources d'inspiration européennes

À l'échelle européenne, seules les données apportées par Corine Land Cover permettent d'établir des comparaisons avec les autres États européens. Ainsi, en 2012, 4 % de la surface totale des 39 États européens étudiés étaient artificialisés. La France se situait au-

dessus de cette moyenne avec 5,5 % de la surface du territoire métropolitain artificialisé, contre 9,4 % en Allemagne, 2,7 % en Espagne, 5,3 % en Italie, 13,4 % aux Pays-Bas et 8,3 % au Royaume-Uni, selon les données de l'Agence européenne de l'environnement[7]. Quand on rapporte les surfaces artificialisées aux populations des principaux États membres de l'Union européenne, la France apparaît proportionnellement plus artificialisée que ses voisins (Tableau 6).

Tableau 6 – Taux d'artificialisation moyens pondérés par la population de quelques États membres de l'Union européenne

État européen	Superficie totale (en km²)	Taux d'artificialisation d'après Corine Land Cover	Population, en millions (2018, Eurostat)	Densité moyenne de population (habitants / km²)	Surface artificialisée moyenne en km² pour 100 000 habitants
France (métropole)	543 940	5,5 %	63,7	117	47
Allemagne	357 021	9,4 %	82,8	232	41
Royaume-Uni	242 900	8,3 %	66,3	272	30
Pays-Bas	37 354	13,4 %	17,1	459	29
Espagne	510 000	2,7 %	46,7	91	30
Italie	301 336	5,3 %	60,5	201	26

Source : France Stratégie

Plusieurs États européens ont mis en œuvre une réglementation relative à la limitation de l'artificialisation des sols, reposant soit sur un contrôle renforcé des droits à construire, soit sur la mise en place d'outils fiscaux dédiés (Tableau 7).

Tableau 7 – Synthèse des principaux leviers mis en place pour limiter l'artificialisation dans quelques pays européens

Pays	Stratégie nationale et/ou objectifs quantitatifs d'artificialisation fixés au niveau national	Stratégies, plans ou documents d'orientation locaux et/ou objectifs quantitatifs d'artificialisation fixés au niveau local	Contrôle réglementaire par un échelon territorial supérieur des décisions locales d'urbanisme	Leviers fiscaux ou de taxation	Achat public de terres à protéger ou prêts publics	Développement d'observatoires
Allemagne	X	X	X	X		X
Autriche	X				X	
Italie		X				
Pays-Bas	X	X	X			X
République tchèque	X	X		X		
Suisse	X	X	X	X		X

Source : France Stratégie

[7] https://www.eea.europa.eu/themes/landuse/land-cover-country-fact-sheets/land-cover-country-fact-sheets

3.1.1 En Allemagne

D'après les données publiées par Corine Land Cover, l'Allemagne a connu une décroissance du rythme d'artificialisation des sols entre 2006 et 2012 en comparaison de la période 1990-2000, grâce à un ralentissement de l'étalement urbain. D'après la *European Environment Agency* (2017), le rythme annuel d'artificialisation, exprimé en pourcentage des surfaces artificialisées par rapport au début de la période, était de 0,74 % pour la période 1990-2000 ; 0,38 % pour 2000-2006 et 0,22 % pour 2006-2012. Sur cette dernière période, ce rythme correspond à la moitié du taux moyen observé en Europe. Cela représente 69 ha artificialisés par jour.

L'Allemagne a défini une stratégie globale de lutte contre l'artificialisation des sols, reposant sur :

- des objectifs quantitatifs, notamment un objectif de consommation de foncier de 30 ha par jour en 2020 pour ce qui concerne l'usage d'habitation et les projets d'infrastructure, alors qu'entre 2006 et 2009, le niveau de consommation était de 93 ha/jour, dont 50 % en imperméabilisation ;
- des objectifs qualitatifs, en visant à densifier en priorité vers l'intérieur des milieux bâtis par rapport à l'extérieur.

Pour atteindre ces objectifs, diverses mesures fiscales ou économiques ont été mises en œuvre, au niveau fédéral ou régional (taxe sur le changement d'usage des sols, taxe foncière, taxe de traitement des eaux de ruissellement, certificats échangeables). Ainsi, dans certains Länder, comme dans le Baden-Württemberg et le Hesse, les redevances portant sur les eaux de ruissellement sont calculées en fonction de la surface imperméabilisée de la parcelle concernée, pour distinguer les coûts liés à la collecte des eaux domestiques usées de ceux associés au ruissellement des eaux de pluie, lié à l'imperméabilisation des sols. Certaines communes mettent en place des incitations à l'installation de revêtements perméables en diminuant le montant de cette taxe le cas échéant. Cependant, le niveau de la taxe reste faible et l'incitation liée à l'usage de surfaces perméables est limitée, de l'ordre de quelques euros par an pour une place de parking.

L'utilisation de certificats échangeables sur la vente de terrains à bâtir a fait l'objet de diverses simulations. Pour l'expérimentation nationale, dénommée « UBA-Projetkt FORUM » (2009-2012), et conduite par l'Agence fédérale de l'environnement, ce sont 100 communes sélectionnées sur la base de leur volontariat et de la diversité de leur situation socio-économique qui ont testé ce dispositif, portant sur la période 2013-2016. L'objectif est de limiter l'étalement urbain et de renforcer la densification des espaces déjà urbanisés. Un plafond de surface constructible, d'où découle un nombre défini de certificats, est établi. Chaque commune disposant d'un plan d'urbanisme reçoit des certificats échangeables représentant 1 000 m² de surface constructible. Elles les échangent en fonction de leurs besoins réels, identifiés dans leurs plans d'urbanisme, ce marché faisant émerger un prix pour ces certificats. La densification urbaine entraîne à la baisse le prix des certificats. L'évaluation de ces dispositifs reste à ce stade limitée : les résultats de projets passés, à l'échelle de Länder, ont donné des résultats contrastés (liquidité, coûts de transaction notamment).

À Dresde, depuis 2002, un mécanisme de compensation impose la désimperméabilisation et la déconstruction des bâtiments désaffectés. Des redevances associées au coût de la compensation sont prélevées, assises sur le coût réel de la désimperméabilisation, d'un montant d'environ 20 euros par m² de sol concerné. Les porteurs de projet ont le choix entre le paiement de cette redevance ou la réalisation directe de mesures de compensation. La ville a inscrit dans son plan d'urbanisme un objectif de limitation des surfaces destinées à l'habitat et au transport de 40 % de la surface totale de la commune. Dans ce cadre, toute nouvelle construction sur un terrain non artificialisé doit être compensée ailleurs, à l'intérieur du périmètre de la commune. Les projets situés à l'intérieur de la zone urbaine sont dispensés de compensation. En moyenne, ce sont 4 hectares par an qui sont désimperméabilisés. Par ailleurs, à Dresde, le code de la construction fixe des prescriptions quantitatives quant à la présence de surfaces perméables. Les permis de construire imposent une limite à l'imperméabilisation des sols, en fonction des usages. Cet exemple a essaimé et une expérimentation de coefficients limites d'imperméabilisation dans le cadre des projets de développement de l'habitat a été conduite par l'Institut fédéral de recherche en espace urbain (BBSR), avec la fixation de plafonds d'artificialisation et l'encadrement de la surface constructible.

Le budget fédéral subventionne à hauteur de 700 millions d'euros les projets de rénovation urbaine et de densification, à destination des communes. La distribution des fonds est effectuée par les Länder, qui sélectionnent les projets. Ils sont soutenus à hauteur de 30 à 40 % par l'État, dans la même proportion par les Länder, pour un total d'1,4 milliard d'euros apportés aux communes. Ces dernières apportent le reste du financement, sauf dans les communes en difficulté économique, où le reliquat est également pris en charge par les Länder.

Enfin, en termes de données et d'information, des registres des terres inexploitées et des dents creuses existent au niveau fédéral.

3.1.2 En Autriche

D'après la European Environment Agency (2017), le rythme annuel d'artificialisation, exprimé en pourcentage des surfaces artificialisées par rapport au début de la période, était de 0,31 % entre 2000 et 2006 puis 0,21 % par an entre 2006 et 2012.

L'Autriche a développé un cadre réglementaire relativement réduit, reposant essentiellement sur deux mesures :

- pour lutter contre la thésaurisation des surfaces constructibles, les États autrichiens ont fixé une durée de validité des nouveaux permis de construire, qui expirent automatiquement au bout de cinq ans[8] ;
- la délimitation par les États autrichiens des zones protégées, sur lesquelles toute construction est interdite, en raison de leur potentiel agricole – en fonction de la qualité des sols – ou de leur intérêt patrimonial –, dans le but de lutter contre le mitage du territoire.

[8] 30 % des surfaces disposant d'un permis de construire ne sont pas bâties. Cette mesure ne s'appliquant pas aux anciens permis de construire, son efficacité reste limitée.

Au-delà de ces mesures législatives, l'utilisation de leviers économiques est privilégiée, tant au niveau fédéral que régional. Ainsi :

- cinq des neuf États autrichiens disposent de leur propre fonds d'investissement immobilier. Ils le mobilisent pour attribuer des prêts à taux préférentiel aux communes pour l'achat de parcelles dans le cadre de projets contribuant à la densification de l'urbanisation et à une meilleure gestion des surfaces ;
- l'aide publique au logement représente 1 % du PIB (contre 0,9 % en France). Les États, qui ont leurs propres systèmes d'aide, incluent des critères de densification et de limitation de l'étalement urbain pour l'attribution de ces aides. Celles-ci sont réorientées vers la rénovation urbaine (60 %) au détriment des nouvelles constructions (40 %, une proportion quasiment inverse à ce qui était réalisé avant 2009).

3.1.3 Aux Pays-Bas

Le rythme annuel d'artificialisation des sols a atteint 1,23 % entre 2000 et 2006 et 0,77 % par an entre 2006 et 2012, un des plus élevés d'Europe, selon l'Agence européenne de l'environnement[9]. L'encadrement réglementaire de l'artificialisation repose sur :

- l'établissement en 2012 d'une stratégie nationale transversale (2012), afin de mettre en cohérence les politiques publiques autour des objectifs de limitation de l'étalement urbain, de gérer de manière intégrée les infrastructures énergétiques, ferroviaires, aéroportuaires, autoroutières, et les ressources en eau. Elle a remplacé les documents sectoriels de planification préexistants (environnement, transport, etc.) ;
- des plans locaux d'urbanisme établis par les communes qui doivent intégrer les différentes politiques sectorielles établies aux échelons supérieurs. Peu d'exemptions sont possibles ;
- des instruments juridiques dont disposent l'État et les provinces permettent à ces derniers d'intervenir directement et de manière contraignante dans la planification urbanistique des communes ;
- une nouvelle législation relative à l'aménagement du territoire et à l'environnement devrait imposer l'adoption d'un plan intégrant davantage toutes les questions environnementales (aménagement du territoire, agriculture, mobilité, nature) pour chacun des niveaux d'action publique (État, province, commune).

En termes d'information, la création d'un portail d'information géographique, compilant et croisant différentes sources de données (cadastre, par exemple), ainsi que les documents de planification en matière d'aménagement du territoire établis par les acteurs publics est en accès libre.

3.1.4 En République tchèque

Les terres agricoles sont réparties en cinq catégories distinctes, en fonction de leur qualité et de leur potentiel productif. Le niveau de protection des sols contre leur changement d'usage dépend de la catégorie dans laquelle ils se trouvent. Pour changer l'usage d'un sol très fertile (passage d'une catégorie 1 à 2), un permis spécial est nécessaire, en sus du paiement d'une

[9] https://www.eea.europa.eu/themes/landuse/land-cover-country-fact-sheets/nl-netherlands-landcover-2012.pdf/view

taxe, dont le montant dépend de la qualité du sol artificialisé. Le produit de cette taxe est affecté à un fond étatique consacré à l'environnement. Il représente environ 20 millions d'euros par an sur la période 2000-2008. L'autorité délivrant le permis de construire dépend de la taille de la parcelle considérée : pour les surfaces inférieures à 1 hectare, ce sont les municipalités ; entre 1 et 10 hectares, ce sont les autorités régionales ; et au-dessus de 10 hectares, le ministère de l'Environnement. Des mesures similaires sont en vigueur pour la protection des espaces forestiers.

Depuis l'entrée en vigueur de la loi, peu de temps après l'indépendance (1993) du pays, les statistiques nationales donnent à voir une stagnation du niveau d'artificialisation des terres agricoles ; le rythme de celui-ci ayant été particulièrement élevé jusqu'au début des années 1990.

Un dispositif similaire existe en Slovaquie.

3.1.5 En Suisse

D'après la *European Environment Agency* (2017), le rythme annuel d'artificialisation, exprimé en pourcentage des surfaces artificialisées par rapport au début de la période, était de 0,06 % entre 2000 et 2006 puis 0,04 % par an entre 2006 et 2012 en Suisse.

Depuis 1992 est mis en œuvre au niveau confédéral un plan sectoriel des surfaces d'assolement, qui identifie et sanctuarise les sols considérés comme de bonne qualité, afin de sécuriser l'approvisionnement alimentaire du pays. Il établit une surface minimale devant être protégée à l'échelle du pays. Un objectif fédéral de limitation à 400 m² de la surface d'habitat et d'infrastructure par habitant est également défini. Enfin, le Conseil fédéral a la possibilité d'interdire des aménagements sur certaines surfaces particulièrement sensibles pour les protéger.

Au niveau local (canton ou commune), plusieurs mesures ont été mises en œuvre :

- chaque canton doit maintenir les surfaces dites d'assolement, c'est-à-dire une fraction de la surface de terre cultivable déterminée à l'échelle nationale. Pour faire respecter ces dispositions, l'administration fédérale dispose de pouvoirs coercitifs ;
- dans un délai de cinq ans à compter de l'entrée en vigueur de la loi d'aménagement du territoire adoptée le 1er mai 2014, les cantons doivent modifier leurs plans directeurs pour y indiquer précisément la surface ouverte à l'urbanisation, en cohérence avec les directives établies au niveau de la Confédération. Ces plans doivent mentionner la manière dont ces surfaces sont réparties et coordonnées à l'échelle régionale, justifier précisément leur existence. Ils doivent également définir une stratégie de limitation de l'extension du tissu urbain. Ces plans doivent être approuvés par le Conseil fédéral. Si tel n'est pas le cas, les cantons ne pourront plus établir de nouvelles zones constructibles, à moins d'en assurer la compensation intégrale et immédiate, ou pour des ouvrages d'intérêt public. Ces plans directeurs cantonaux doivent respecter les plans sectoriels établis à l'échelle nationale. Ils s'imposent aux plans élaborés par les communes ;
- les cantons doivent mettre en place un système de compensation des mesures d'aménagement du territoire, incluant une taxe d'au moins 20 % sur les bénéfices liés au classement en terrain à bâtir, portant *a minima* sur les plus-values réalisées ; et des

indemnisations. Le produit de cette taxe doit être employé au financement de mesures de préservation des surfaces agricoles. Si, cinq ans après l'adoption de la loi, un tel régime n'est pas mis en place, les cantons ne pourront plus ouvrir de nouvelles zones à l'urbanisation ;

- les communes élaborent des plans d'affectation du sol, approuvés par les cantons. Ils doivent respecter les Plans sectoriels établis à l'échelle nationale. Les constructions décidées par les communes sont soumises à l'approbation des cantons. Ces derniers peuvent imposer des critères de densité minimale, ou refuser certaines constructions en zone agricole s'ils ne les considèrent pas comme nécessaires ;
- depuis le 1er janvier 2016, il est interdit de construire des résidences secondaires dans les communes où elles représentent plus de 20 % des logements (disposition de rang constitutionnel)[10] ;
- des mesures spécifiques à l'immobilier professionnel vacant existent : dans les zones concernées, les cantons peuvent refuser d'accorder des permis de construire de nouveaux bureaux ; et mettre en place des incitations à vendre ou convertir en logements ces surfaces.

3.2 Les leviers de régulation mis en œuvre en France

3.2.1 Un corpus législatif et réglementaire particulièrement touffu

Un grand nombre de lois et réglementations encadrent dans les faits les possibilités d'artificialisation et / ou limitent l'extension urbaine (Tableau 8). La loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature constitue le texte fondateur de la préservation des paysages, notamment par l'institution des fondements de la compensation écologique. En définissant les bases du corpus réglementaire visant à éviter, réduire et compenser les effets sur l'environnement des projets d'infrastructures, cette loi a contribué à limiter l'artificialisation et le changement d'usage des terres.

Elle fut complétée en 2014 par l'institution d'une compensation agricole, à vocation économique, dans le cadre de la loi d'avenir agricole.

Le corpus relatif à la planification et l'aménagement des territoires est particulièrement conséquent. Il s'appuie tout à la fois sur des dispositifs de mise en cohérence des politiques locales de construction, comme les schémas de cohérence territoriale (SCOT), et des dispositifs de protection des espaces naturels ou agricoles. Ce n'est qu'en 2018 que l'incitation à la densification du bâti a fait l'objet d'un texte de loi dédié, avec la loi ELAN.

[10] Hors logements destinés aux usages agricoles.

Tableau 8 – Panorama des principales politiques publiques influant sur l'artificialisation des terres

Grands objectifs	Base juridique	Principales mesures
Mise en œuvre de la séquence éviter-réduire-compenser (ERC)	• Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature • Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement • Ordonnance n° 2016-1060 du 3 août 2016	L'évaluation environnementale des projets d'infrastructures et la mise en œuvre de la séquence éviter-réduire-compenser (ERC) vise à limiter les impacts sur l'environnement des projets d'infrastructures et, le cas échéant, à les compenser. Elle prévoit que toute opération d'aménagement dont la surface au plancher est inférieure à 40 000 m² ne soit pas soumise à l'étude d'impact. La possibilité de compensation ne concerne donc que les projets étendus. La procédure peut par ailleurs conduire à directement compenser financièrement des projets, sans suffisamment tenter de les éviter ou de les réduire. Soutenir une compensation en nature impliquerait de remettre en culture une terre artificialisée, ce qui présente un coût élevé.
Création de zones agricoles protégées (ZAP)	• Loi n° 99-574 du 9 juillet 1999 d'orientation agricole	Cet outil de protection du foncier agricole peut être instauré à l'échelle communale ou intercommunale. Les ZAP sont délimitées par arrêté préfectoral pris sur proposition ou après accord du conseil municipal du ou des communes intéressées ou, le cas échéant, sur proposition de l'organe délibérant de l'EPCI compétent. Il s'agit ainsi de classer en « zone agricole protégée » des espaces agricoles dont la préservation présente un intérêt général en raison de la qualité de leur production ou de leur situation géographique. La ZAP consiste en la création d'une servitude d'utilité publique appliquée à un périmètre donné, laquelle est annexée au document d'urbanisme. Cette protection pérennise dans le temps la destination agricole des parcelles situées à l'intérieur de son périmètre, pérennité indispensable aussi au maintien des exploitations agricoles.
Mise en œuvre de schémas de cohérence territoriale (SCOT)	• Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbains (SRU)	Les SCOT visent à mettre en place une planification stratégique intercommunale, à l'échelle d'un large bassin de vie ou d'une aire urbaine, dans le cadre d'un projet d'aménagement et de développement durable (PADD). Ils servent de cadre de référence pour les différentes politiques sectorielles et assurent la cohérence des documents sectoriels intercommunaux : plans locaux d'urbanisme intercommunaux (PLUi), programmes locaux de l'habitat (PLH), plans de déplacements urbains (PDU), et des PLU ou des cartes communales établis au niveau communal. Les SCOT fixent des objectifs clairs mais ne couvrent pas l'ensemble du territoire.
Protection des espaces agricoles et naturels périurbains (PAEN)	• Loi n° 2005-157 du 23 février 2005 relative au développement des territoires ruraux	La loi permet aux Conseils départementaux de créer des PAEN. Leur mise en œuvre suppose une volonté politique forte de protection des zones périurbaines. La lourdeur dans la mise en œuvre des PAEN est liée au passage par un décret des ministres chargés de l'Agriculture, de l'Urbanisme et de l'Environnement en cas de modification de leur périmètre. Certaines auditions locales des rapporteurs ont permis de relever que la présence d'une ZAP ou d'un PAEN pouvait avoir pour effet pervers de déprécier les autres terres agricoles. Il faut enfin relever que les PAEN n'empêchent pas toute construction sur leur périmètre : les constructions

		agricoles peuvent y être autorisées. Il arrive que, dans les régions en zones tendues, ces constructions soient ensuite converties en habitations.
Transfert du droit de construire	• Loi n° 2014-366 du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (ALUR)	Instrument volontaire permettant de transférer des droits à construire issus du coefficient d'occupation des sols (COS) dans le cadre d'une cession de droits entre propriétaires d'une zone constructible de même nature, ou dans le cadre particulier d'une zone naturelle afin de regrouper les droits sur un secteur de cette zone et non constructible. Ce transfert a été adopté par un nombre extrêmement limité de communes. Depuis la loi ALUR, du fait de l'abrogation du mécanisme du COS lui-même, il ne subsiste plus que la possibilité pour le PLU de déterminer les conditions dans lesquelles les possibilités de construction pourront être transférées pour l'ensemble d'une zone naturelle, en vue de favoriser un regroupement des constructions sur d'autres terrains situés dans un ou plusieurs secteurs de la même zone.
Mise en œuvre d'une compensation agricole collective	• Loi n° 2014-1170 du 13 octobre 2014 d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt	La compensation agricole collective vise à « maintenir ou rétablir le potentiel de production agricole perdu » à l'occasion d'aménagements ou projets, qu'ils soient reconnus d'utilité publique ou pas, affectant les territoires agricoles. Elle ne correspond pas à une compensation écologique mais économique et collective, qui ne s'exprime pas forcement en nature. La compensation s'effectue généralement au bénéfice de la filière agricole, et non de la collectivité. La mise en œuvre de cette mesure reste néanmoins à apprécier sur le long terme.
Mise en œuvre d'obligations réelles environnementales (ORE)	• Loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages	Les ORE sont inscrites dans un contrat au terme duquel le propriétaire d'un bien immobilier met en place une protection environnementale attachée à son bien, pour une durée pouvant aller jusqu'à 99 ans. Dans la mesure où les obligations sont attachées au bien, elles perdurent même en cas de changement de propriétaire. La finalité du contrat doit être le maintien, la conservation, la gestion ou la restauration d'éléments de la biodiversité ou de services écosystémiques. Ainsi, l'ORE est un dispositif foncier de protection de l'environnement qui présente la particularité d'être contractuel et mobilisable par chaque propriétaire foncier, s'il souhaite se saisir des problématiques environnementales.
Incitations à la densification et à la transformation des bureaux en logements	• Loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique (loi ELAN)	La loi ELAN comporte plusieurs mesures impactant l'artificialisation : la possibilité de densifier les « dents creuses », la facilitation de la transformation de bureaux en logements, la facilitation de cession d'immeubles relevant du domaine privé de l'État pour la mise en œuvre d'opérations prévues par un contrat de projet partenarial d'aménagement.

Source : France Stratégie

Les instruments fiscaux

Les pouvoirs publics mobilisent également un cadre fiscal particulièrement touffu, près d'une trentaine de taxes s'appliquant aux terrains urbanisables. Ces taxes constituent des sources importantes de financement des collectivités locales, la taxe foncière représentant en 2017 un montant global de 41 milliards d'euros, contre 22,5 milliards pour la taxe d'habitation et 945 millions pour la taxe sur les surfaces commerciales. Il apparaît néanmoins très difficile de mesurer les effets propres de chacun de ces outils sur les dynamiques locales d'artificialisation. Ces dispositifs fiscaux n'ont pas été conçus pour traiter l'enjeu de réduction de l'artificialisation des sols.

Une multitude de taxes

Les taxes et leviers fiscaux s'appliquant aux terrains urbanisables et impactant potentiellement l'artificialisation sont très nombreux. Sainteny en dénombre plus d'une trentaine, dont les effets propres sur les dynamiques locales d'artificialisation apparaissent très difficiles à mesurer précisément (Tableau 9).

Tableau 9 – Principales taxes s'appliquant aux terrains urbanisables en France

Taxe	Année de création ou de révision	Descriptif
Taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB)	1959	La taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB) est due par les propriétaires ou usufruitiers de propriétés non bâties. Il existe cependant des exonérations permanentes ou temporaires, sous certaines conditions. Elle est encaissée par la collectivité territoriale (la commune ou l'EPCI à fiscalité propre), sur le territoire de laquelle le terrain est situé.
Taxe de défrichement	1969	La taxe de défrichement a été créée pour dissuader du défrichement en corrigeant par voie fiscale les disparités constatées entre la valeur des forêts susceptibles d'être défrichées et celle des autres terrains. Elle compense en partie les conséquences du défrichement en affectant le produit de la taxe à des opérations de boisement et d'aménagement foncier.
Taxe sur les surfaces commerciales (Tascom)	1972	Les commerces exploitant une surface de vente au détail de plus de 400 m², et réalisant un chiffre d'affaires hors taxe à partir de 460 000 €, sont soumis à la taxe sur les surfaces commerciales.
Versement pour sous-densité	2010	Le versement pour sous-densité (VSD) est réservé aux zones U (urbaines) et AU (à urbaniser) des PLU ou des POS. Cet outil est destiné à permettre une utilisation plus économe de l'espace et à lutter contre l'étalement urbain. Il se substitue au versement pour dépassement du plafond légal de densité (VDPLD). Ce dispositif permet aux communes et EPCI compétents en matière de PLU qui le souhaitent d'instaurer un seuil minimal de densité par secteur (SMD). En deçà de ce seuil, les constructeurs devront s'acquitter d'un versement compensatoire. Le versement pour sous-densité n'est aujourd'hui mis en œuvre que dans moins de 30 communes et ses effets sur la densité de bâti ne sont pas vraiment visibles.
Taxe sur la cession à titre onéreux de terrains nus devenus constructibles	2010	La taxe forfaitaire est versée lors de la première cession à titre onéreux du terrain nu, intervenue après son classement en zone constructible. Les cessions à titre onéreux ultérieures ne donnent pas lieu à la taxation.
Taxe sur la création de locaux à usage de bureaux (TSB) en île-de-France	2010	Les travaux de construction, reconstruction, rénovation, transformation ou agrandissement de bureaux, de locaux commerciaux ou de stockage situés en Île-de-France donnent lieu au paiement de la taxe sur la création de bureaux (TCB).
1 % paysage-développement	1989	La politique du « 1 % paysage et développement » initiée par l'État au début des années 1990 consiste à consacrer 1 % du montant des travaux d'une infrastructure financés par l'État à des actions de mise en valeur du territoire hors des emprises routières.
Redevance d'archéologie préventive (RAP)	2003	Elle est destinée à financer les diagnostics archéologiques pour tous travaux touchant le sous-sol. Le versement de cette redevance et son calcul dépendent de la nature des travaux.

Prise en charge financière d'équipements dans le cadre des conventions de projet urbain partenarial	2009	Le PUP repose sur une initiative privée pour réaliser une opération privée qui peut cependant avoir un enjeu et un intérêt communal. Ce dispositif est un outil financier plus souple que le PAE qui permet, en dehors d'une ZAC, l'apport de participations à des équipements publics rendus nécessaires par une opération de construction ou d'aménagement.
Taxe spéciale d'équipement	2009	Les taxes spéciales d'équipement constituent des taxes additionnelles aux deux taxes foncières (sur les propriétés bâties et non bâties), à la taxe d'habitation et à la cotisation foncière des entreprises. Elles sont perçues au profit des établissements publics fonciers locaux, des établissements publics fonciers d'État, d'établissements publics particuliers et de l'établissement public Société du Grand Paris.
Taxe d'aménagement (TA)	2012	Elle doit être versée à l'occasion de la construction, la reconstruction, l'agrandissement de bâtiments et aménagements de toute nature nécessitant une autorisation d'urbanisme.
Participation pour le financement de l'assainissement collectif (PFAC)	2012	La PFAC vise à financer le raccordement au réseau public de collecte des eaux usées de tout immeuble dès lors que ce raccordement génère des eaux usées supplémentaires.
Taxe générale sur les activités polluantes (TGAP)	2012	La taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) est due par les entreprises dont l'activité ou les produits sont considérés comme polluants : déchets, émissions polluantes, huiles et préparations lubrifiantes, lessives, matériaux d'extraction, etc. Son montant et le taux applicable varient selon les catégories d'activité et de produit.
Participation spécifique des constructeurs en zone d'aménagement concertée	2015	Contribution alternative à la TA pour les ZAC.
Participation spécifique pour la réalisation d'équipements publics exceptionnels	2015	Contribution additionnelle spécifique.
Redevances domaniales	2017	Toute occupation privative du domaine public est assujettie au paiement d'une redevance. Son montant, fixé par l'assemblée délibérante, doit être déterminé par les avantages de toute nature procurés au titulaire de l'autorisation.
Droits de mutation de propriété à titre onéreux (DMTO) **Droits de mutation à titre gratuit** **Taxe de publicité foncière** **Droit sur l'attestation immobilière**	1999	Les taxes de publicité foncière ou droits de mutation recouvrent les impositions indirectes perçues à l'occasion de la publication d'une opération au fichier immobilier. À l'occasion de l'achat d'un logement (maison ou appartement), des impôts calculés sur la base du prix de vente sont à payer. Ils sont désignés sous le terme de droits de mutation à titre onéreux (DMTO) et comprennent deux taxes : - la taxe départementale de publicité foncière (TPF) et droits d'enregistrement départementaux ; - la taxe communale additionnelle à la taxe de publicité foncière et aux droits d'enregistrement. Des taxes additionnelles peuvent s'ajouter, comme la taxe additionnelle aux droits d'enregistrement ou à la taxe de publicité foncière prélevée au profit de la région d'Île-de-France, au taux de 0,6 %, visant les locaux à usage de bureaux, les locaux commerciaux et de stockage.
Taxe fiscale sur assurance construction **Taxe fiscale sur assurance dommages-ouvrage**	2004	Les cotisations d'assurance ne sont pas soumises à la TVA. Elles incluent en revanche une taxe fiscale, dont le taux légal varie selon la nature des contrats d'assurance. L'assurance construction couvre la responsabilité civile décennale des entrepreneurs et des artisans et l'assurance dommages-ouvrage. Toute personne qui fait réaliser des travaux de construction par une entreprise doit souscrire une assurance construction dommages-ouvrage. Cette assurance permet en cas de sinistre d'être remboursé rapidement de la totalité des travaux de réparation des dommages couverts par la garantie décennale, sans attendre qu'intervienne une décision de justice.
Contribution de sécurité immobilière	2010	Cette contribution est prélevée pour financer la réalisation des actes authentiques d'enregistrement et de publicité foncière.
Impôts et prélèvements sociaux sur les plus-values immobilières	2014	Les plus-values réalisées par les particuliers et les sociétés de personnes sont soumises à une imposition forfaitaire à l'occasion de la cession : - d'immeubles, qu'il soit immeuble bâti ou non bâti (appartement, maison ou terrain...) ; - de droits réels immobiliers (usufruit, nue-propriété...) ; - de parts de sociétés immobilières. La plus-value réalisée en vendant un bien immobilier est imposable sur le revenu, sauf s'il s'agit de votre résidence principale.
Impôt sur la fortune immobilière (IFI)	2018	L'IFI est calculé sur la valeur nette du patrimoine immobilier imposable.

Source : Sainteny, 2018

Les recettes de ces différentes taxes pour les collectivités locales sont particulièrement élevées pour les taxes foncières et d'habitation, respectivement de 41 et 22,5 milliards d'euros en 2017 (Tableau 10). La taxe sur les surfaces commerciales, pour sa part, rapporte entre 750 et 945 millions d'euros par an pour la période 2015-2017.

Tableau 10 – Montants des principales taxes s'appliquant aux terrains artificialisés

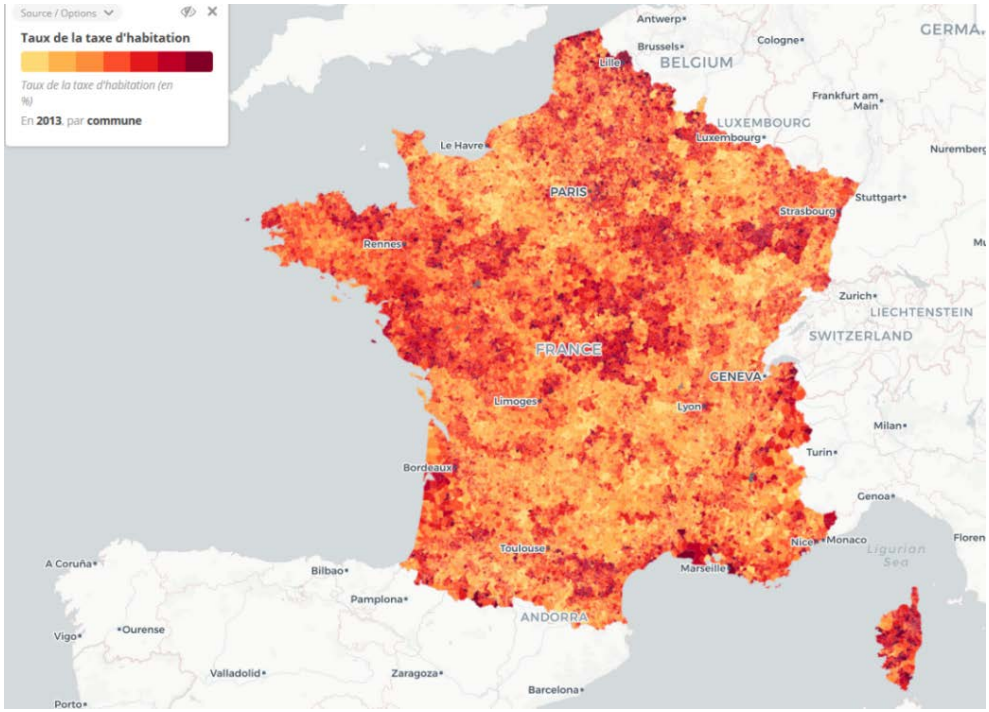
Recettes des collectivités territoriales en M€	2015	2016	2017	Taux de variation 2016-2017 (%)
Taxe d'habitation	22046	22149	22575	+1,92
Taxe foncière	38680	40360	41031	+1,66
TASCOM	745	752	945	+25,66

Source : France Stratégie, données DGFiP

La taxe d'habitation

La taxe d'habitation est un impôt défini à l'échelle de la commune, qui s'applique à l'ensemble des logements, que l'on soit propriétaire, locataire ou occupant à titre gratuit de son habitation principale ou secondaire. Son montant dépend tout à la fois des caractéristiques du logement, qui permettent de définir une valeur locative cadastrale, de sa localisation et de la situation personnelle de ses occupants (revenus, composition du foyer, etc.). Une très grande variation des taux de cette taxe est observée en France (Figure 21). L'analyse des corrélations entre les taux de taxe d'habitation et les surfaces artificialisées par commune n'a pas permis de mettre en évidence de lien statistique significatif.

Figure 21 – Taux de la taxe d'habitation par commune en France métropolitaine en 2013



Source : Insee, 2018

La taxe foncière sur les propriétés non bâties (TFPNB)

La taxe foncière sur les propriétés non bâties est un prélèvement fiscal institué en 1790 sur les immeubles non bâtis, les terrains nus et terrains à bâtir (chemins de fer, carrières, étangs, exploitations agricoles, etc.). Sont exonérés de manière permanente les propriétés et voies publiques, les fleuves et rivières navigables ou flottables, les sols et terrains soumis à la taxe sur les propriétés bâties. Les terres agricoles (prés naturels, vignes, vergers, bois, pâturages, terres, lacs, étangs et mares) en sont exonérées partiellement.

Cet impôt local et direct est perçu annuellement selon la situation du bien au 1er janvier par les collectivités territoriales et est dû par tous les propriétaires et usufruitiers de terrains nus en France. Le calcul de cette taxe est effectué selon la valeur locative cadastrale de ces propriétés, multiplié par le taux fixé par les collectivités locales selon la tranche dans laquelle elles se situent conformément aux dispositions du code général des impôts.

Afin de lutter contre la rétention foncière et les comportements spéculatifs, les propriétaires de terrains non bâtis et constructibles situés en zones tendues se voient appliquer une majoration forfaitaire correspondant à 3 euros/m^2. Il s'agit de faire en sorte que ces terrains s'urbanisent vite, là où la demande en logements est très forte. Pour éviter cette majoration, il faut soit avoir obtenu un permis de construire sur la parcelle concernée, soit avoir revendu son terrain avant le 31 décembre de l'année d'imposition. Selon la loi ALUR, une zone tendue se définit par une zone géographique, plus précisément une agglomération, au sein de laquelle la demande en matière de logement est particulièrement importante en comparaison avec l'offre de logements disponibles. Cette majoration concernait en moyenne 1 730 contribuables en 2015 disposant d'un terrain non bâti constructible, dans 727 communes situées essentiellement en Île-de-France et dans le Sud-Est[11].

La taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB)

La taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB) est due par les propriétaires ou usufruitiers de propriétés bâties. Les constructions nouvelles de moins de deux ans et les bâtiments agricoles sont exonérés. Les principaux biens immeubles imposables sont :

- les locaux d'habitation ;
- les parkings ;
- les sols des bâtiments et terrains formant une dépendance immédiate d'une construction ;
- les bateaux utilisés en un point fixe et aménagés pour l'habitation, le commerce ou l'industrie ;
- les bâtiments commerciaux, industriels ou professionnels ;
- installation industrielle ou commerciale (hangar, atelier, cuve, etc.) ;
- terrain à usage commercial ou industriel ou utilisé, dans certaines conditions, pour la publicité.

[11] Départements en zone tendue (actualisé 2018) : Ain, Isère, Rhône, Haute-Savoie, Bas-Rhin, Nord, Oise, Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise, Corse-du-Sud, Haute-Corse, Landes, Gironde, Charente-Maritime, Pyrénées-Atlantiques, Gard, Haute-Garonne, Hérault, Loire-Atlantique, Bouches-du-Rhône, Var.

Les taux de TFPB sont particulièrement variables en fonction des départements, allant de 0,07 dans les Hautes-Pyrénées à 0,26 dans l'Aude, ainsi que les produits de cette taxe qui varient de 40 000 euros à plus de 4 millions d'euros en 2015.

La taxe sur les surfaces commerciales (TaSCom)

La taxe sur les surfaces commerciales (TaSCom) est due pour certains établissements commerciaux permanents et perçue par les collectivités locales et les EPCI sur le territoire duquel est situé l'établissement imposable. Cette taxe concerne toute activité de vente au détail dont la surface est supérieure à 400 m² et dont le chiffre d'affaires annuel des ventes est supérieur ou égal à 460 000 euros hors taxe. Les zones dédiées au conditionnement des produits, stockage et prestations de service non accessibles à la clientèle ne sont pas comptabilisées dans le calcul de la TaSCom. La loi de modernisation de l'économie du 4 août 2008 est à l'origine de cette taxe qui vient remplacer l'ancienne taxe d'aide au commerce et à l'artisanat (TACA). En 2012, les communes et EPCI sont autorisées à moduler le taux de la TaSCom. Les tarifs varient suivant le chiffre d'affaires annuel au m², la superficie et l'activité de l'établissement. Des réductions sont accordées pour les commerces dont l'activité requiert des superficies de vente anormalement élevées (matériaux de construction, jardineries, machines agricoles, automobiles).

La répartition géographique de la TaSCom est inégale selon les communes. Le produit de cette taxe sur le territoire d'une commune va de quelques centaines d'euros à près de 1,6 million d'euros. La répartition départementale est plus équilibrée même si les écarts se creusent, notamment avec la région Île-de-France, championne des recettes issues de la TaSCom.

L'absence de différenciation de la taxe entre centralités urbaines et périphéries favorise l'installation de grandes surfaces en périphérie, le foncier étant moins cher. Elle n'incite pas à une utilisation économe des terres. Cela contribue par ailleurs à favoriser la construction de nouvelles voies routières et de parkings, l'accès au site étant seulement possible par voiture, entraînent une hausse de l'imperméabilisation des sols. Cette externalité ainsi que la hausse des émissions de CO_2 et polluants de l'air ne sont pas internalisées par la TaSCom.

Minorer le taux de la taxe pour les nouvelles constructions en centralité urbaine et le majorer en dehors permettrait d'internaliser ces externalités négatives. Cette seule mesure serait un levier efficace de lutte contre l'artificialisation, l'étalement urbain irait en faveur de la revitalisation des centres-villes. Un amendement récent pour la loi de finances 2019 allant dans ce sens a été retiré. Celui-ci préconisait également de soumettre à la taxe les nouveaux établissements de stockage et de logistique fermés au public servant à la vente de biens à distance, dont le permis de construire a été délivré le 1er juin 2019. En effet, l'exonération de cet établissement semble contreproductive dans la mesure où elle favorise l'étalement urbain et l'artificialisation. Cet amendement mettait en avant l'influence croissante du commerce en ligne dans la consommation d'espace. Celui-ci nécessite en moyenne trois fois plus d'espace de stockage à proximité des grandes villes pour trier, emballer les produits, gérer les retours, et il est donc fortement consommateur de foncier.

De nombreuses limites

Un mauvais ciblage des taxes appliquées au foncier à usage professionnel

La TaSCom ne prend en compte ni la nature des sols ni leur localisation. Son taux n'est pas adapté au lieu d'implantation des grandes surfaces, ce qui ne dissuade pas l'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 voiture, ce qui nécessite de nouvelles voiries, des ronds-points, des parkings engendrant un accroissement de l'imperméabilisation des sols, de la circulation automobile et des émissions de CO_2. De plus elle est basée sur le chiffre d'affaires par m². Un taux croissant sur la surface inciterait à une utilisation plus parcimonieuse des terres.

En Île-de-France, les surfaces à usage de bureaux sont soumises à la taxe pour création de bureaux et à la taxe annuelle sur les locaux à usage de bureaux dont le montant varie selon leur situation géographique. Les tarifs dégressifs à mesure que l'on s'éloigne de Paris et de ses alentours et les nombreuses exonérations sont de nature à encourager la construction de locaux de bureaux.

Des instruments insuffisamment ambitieux

Un certain nombre de taxes s'appliquent à une valeur forfaitaire. Ce mode de taxation n'incite pas à l'usage économe des sols :

- la taxe d'aménagement (TA) est fixée pour certains équipements artificialisants à des valeurs forfaitaires très basses et ne dépend pas de la surface artificialisée ;
- les redevances domaniales sont uniquement calculées en fonction de formules incluant le chiffre d'affaires et la valeur locative. S'agissant souvent d'espaces naturels publics, l'absence de critères incitant à une modération de l'artificialisation des sols est critiquable et témoigne d'un manque d'intégration de l'environnement dans la politique de la domanialité publique ;
- l'abattement de 50 % sur la valeur forfaitaire par mètre carré de la surface taxable pour les entrepôts et hangars non ouverts au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale n'encourage pas l'économie d'espace ;
- la fiscalité appliquée aux places de stationnement non comprises dans la surface de construction, forfaitaire et non proportionnelle à la surface consommée, peut également conduire à privilégier l'artificialisation de nouvelles surfaces en lieu et place des aires de stationnement couverts et intégrés à une construction.

De nombreuses exonérations

L'occupation des sols par les propriétés publiques demeure très peu fiscalisée. Or, une part importante de l'artificialisation des sols résulte de l'action de l'État ou des collectivités. Celles-ci bénéficient d'exonération en matière de taxe sur le foncier bâti et non bâti, de taxe d'aménagement, de contribution économique territoriale n'incitant pas les opérateurs publics à un usage économe des sols :

- la fiscalité applicable au bâti public est légère. Les immeubles bâtis de l'État et les collectivités ou des ports autonomes sont exonéré de la taxe sur le foncier bâti. Les voies

publiques n'acquittent ni la TFB ni la TFNB. Les constructions affectées à un service public édifié par l'État ou les collectivités sont exemptés de TA ;

- le secteur agricole bénéficie d'exonération i) de taxe foncière pour les bâtiments affectés à un usage agricole de façon permanente et exclusive ; ii) de taxe d'aménagement de certains locaux des exploitations ou coopératives agricoles ; iii) de cotisation foncière des entreprises pour les exploitants agricoles ;
- la fiscalité relative aux logements vacants (taxe annuelle ou d'habitation sur les logements vacants) est souvent peu mise en œuvre et n'incite pas à augmenter le taux d'occupation des logements et réduire ainsi la demande de logements neufs. La vacance commerciale n'est pas une donnée publique alors même que les services fiscaux disposent d'informations utiles en la matière ;
- de nombreux abattements existent sur les taxes portant sur des surfaces construites ou des processus d'artificialisation. Les aéroports bénéficient pour le calcul de cotisation foncière des entreprises d'un abattement correspondant au tiers de la valeur locative. Les entrepôts et hangars non ouverts au public faisant l'objet d'une exploitation commerciale bénéficient pour le calcul de la TA d'un abattement de 50 % sur la valeur forfaitaire au m² de la surface construite. Les parkings couverts intégrés à une construction sont taxés entre deux et huit fois plus que ceux de surface. De plus le coût de construction est aussi plus élevé.

3.2.2 Des « aides à la pierre » aux effets potentiellement indésirables sur l'artificialisation

Des instruments fiscaux sont également utilisés pour la politique de soutien au logement, l'accession à la propriété et le renouvellement urbain. Ces politiques jouent un rôle déterminant dans les dynamiques de construction – donc dans certains cas d'artificialisation –, en ciblant un type de logement, une zone particulière, un groupe de ménages spécifique. Ces instruments n'ont pas non plus été conçus pour l'enjeu de réduction de l'artificialisation des sols

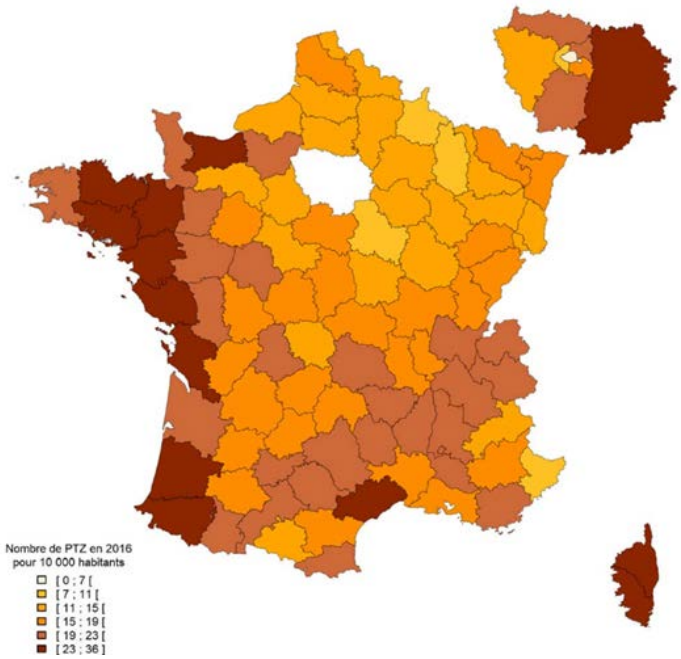
Le prêt à taux zéro

Le prêt à taux zéro, créé en 1995, vise à faciliter l'accès à la propriété pour les foyers modestes, et, à l'origine, à aider les Français à faibles revenus à devenir « primo-accédants à la propriété », c'est-à-dire devenir propriétaires pour la première fois de leur résidence principale. Il se caractérise par un accompagnement de l'État dans le financement pour l'achat d'un bien neuf ou nécessitant des travaux par le biais d'un prêt bancaire dont le taux d'intérêt est équivalent à 0 %. Le dispositif a été renforcé depuis sa création, notamment en 2005 sous l'impulsion de la loi de finances avec le « nouveau prêt à taux 0 » (NPTZ) permettant aux ménages d'acquérir un logement neuf ou ancien sans condition de travaux. Les conditions d'octroi ont également été modifiées, dépendant désormais du caractère neuf ou ancien du logement et de sa localisation géographique. Une partition du territoire en trois zones (A, B et C) est instituée à cet effet. Les modalités du prêt sont fixées par les articles L31-10-1 du code de la construction et de l'habitation et le code général des impôts. C'est en 2011, à la suite de la mise en place du PTZ+, que le nombre de PTZ émis explose, atteignant jusqu'à 350 000 prêts pour cette seule année. Ce pic s'explique notamment par un accès au PTZ pour le neuf et l'ancien sans conditions de ressource. Un recadrage en 2012 et la réforme du PTZ+ en

2013 provoque un effondrement du nombre de PTZ émis en France étant exclusivement accordé sous condition de ressources et pour le logement neuf uniquement.

Le prêt à taux zéro n'est pas utilisé de manière homogène sur l'ensemble du territoire. En 2016, un plus grand nombre de PTZ a ainsi été alloué dans les départements de l'ouest de la France, en zone littorale (Figure 22).

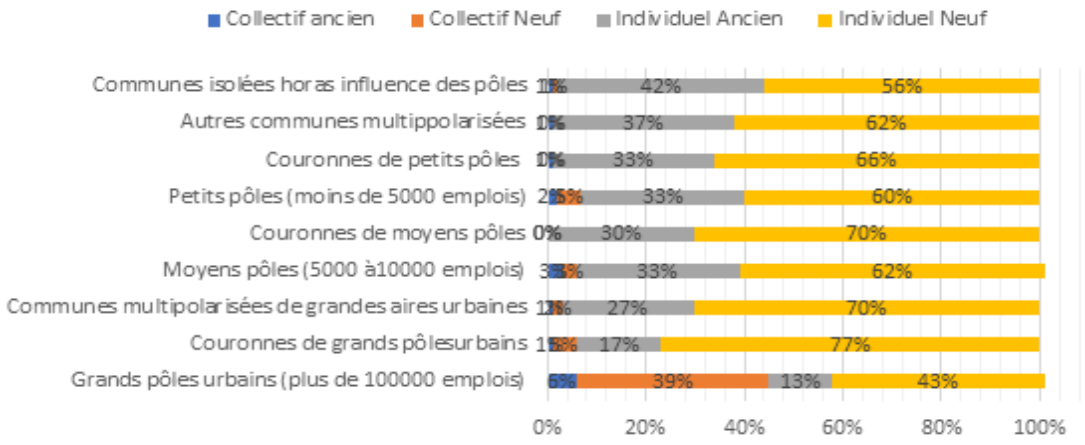
Figure 22 – Répartition du nombre de prêts à taux zéro émis en 2016 par département



Source : ministère de l'Économie

Les projets immobiliers financés par des PTZ présentent en outre une typologie très différente en fonction du type d'aire urbaine concernée. Ainsi, les projets financés concernent essentiellement le collectif neuf dans les grands pôles urbains et l'individuel, neuf ou ancien, dans les autres types de communes (Figure 23).

Figure 23 - Répartition des projets immobiliers faisant l'objet de PTZ par type de commune



Source : France Stratégie, 2019

En 2015, le gouvernement rend 6 000 nouvelles communes éligibles au PTZ ciblant notamment les communes rurales et qui présentent un potentiel de réhabilitation des logements anciens. Le renforcement du prêt à taux zéro est perçu par les pouvoirs publics comme un levier de relance de la construction en France et de revitalisation des centres-bourgs.

En observant les données par année et par département, on identifie un lien entre le nombre de prêts à taux zéro émis et le stock de surface artificialisée sur un territoire. Plus le nombre de PTZ émis dans un département est élevé, plus son territoire est artificialisé en hectares. Cela s'explique notamment par des prêts à taux zéro principalement orientés vers les logements individuels neufs favorisant ainsi la construction de nouveaux logements en particulier dans des zones périurbaines et rurales déjà soumises à des pressions d'usage des sols.

Depuis sa création, le PTZ a ciblé majoritairement l'achat de logements neufs pour soutenir le marché de la construction en France. Néanmoins, on observe un durcissement des conditions pour bénéficier d'un prêt à taux zéro destiné à financer l'habitat neuf particulièrement dans les zones rurales. En janvier 2018, le gouvernement décide de mettre la priorité sur les zones tendues où l'offre de logement est insuffisante pour couvrir la demande. Le PTZ destiné aux logements anciens est donc exclusivement destiné aux zones périurbaines et rurales sous condition de travaux tandis que l'on oriente les PTZ pour le neuf vers les zones tendues urbanisées. Le ministre de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales a affirmé sa volonté de « mieux cibler pour construire plus vite en zone tendue et soutenir la revitalisation dans les zones détendues ». D'où l'importance d'une juste évaluation de l'offre et de la demande dans la définition d'une zone sous tension. Il est fréquent que la demande de logement soit surestimée et que l'offre calculée à partir du marché immobilier occulte le potentiel de rénovation et de réhabilitation de certains logements ainsi que les logements vacants. Il est ainsi possible que des zones soient classées tendues sans qu'elles le soient réellement. Enfin, le coût des PTZ est assez important et représente entre 6 500 et 14 000 euros par logement en moyenne (Tableau 11). Face à ce constat, il apparaît souhaitable d'exclure de l'éligibilité au PTZ les constructions sur des terres non artificialisées.

Tableau 11 – Coût moyen des PTZ pour l'État

Année	Nombre de PTZ	Coût global pour l'Etat	Coût unitaire moyen du PTZ
2011	351 932	2,3 milliards d'euros	6 592 euros
2012	79 116	0,6 milliard d'euros	7 769 euros
2013	43 167	0,6 milliard d'euros	14 127 euros
2014	47 192	0,6 milliard d'euros	12 900 euros
2015	58 800	0,5 milliard d'euros	8 456 euros
2016	114 943	1,5 milliard d'euros	13 009 euros

Source : Assemblée nationale, rapport sur le projet de loi de finances pour 2018Le dispositif Pinel

Le dispositif fiscal Pinel, introduit par la loi de finances 2015, vise à promouvoir l'investissement locatif, soutenir la construction de logements neufs et augmenter l'offre de logements à louer sur le marché, particulièrement dans les zones tendues du territoire. Il donne la possibilité de bénéficier d'une réduction d'impôt sur le revenu à l'occasion d'un investissement immobilier locatif dans le neuf et, depuis la loi de finances 2019 et sous conditions, dans l'ancien.

Cette réduction d'impôt est exprimée en pourcentage du prix d'achat et dépend de la durée de mise en location, avec une défiscalisation de 12 % pour six ans, 18 % pour neuf ans et 21 % pour douze ans. Ce dispositif permet aux propriétaires de louer leur bien à leurs ascendants et descendants. Pour bénéficier de cette réduction d'impôt, le montant de l'investissement total ne doit pas dépasser 300 000 euros par an avec un plafond établi à 5 500 euros du m². Le bien loué doit nécessairement devenir la résidence principale du locataire. Le dispositif concerne le logement neuf acquis, en l'état d'achèvement ou en construction, mais également le logement ancien faisant l'objet de travaux de transformation ou de réhabilitation. L'investissement dans le logement ancien reste malgré tout complexe à réaliser. Le logement doit répondre à des critères de non-décence, être réhabilité et répondre une fois les travaux terminés à des critères et labels de performance énergétique (HPE rénovation 2009 et BBC rénovation 2009). Un expert indépendant doit par ailleurs constater l'état du logement avant et après travaux.

Définies par la loi ALUR (accès au logement et un urbanisme rénové) de 2014, les « zones tendues » sont des zones d'urbanisation continue de plus de 50 000 habitants où il existe un déséquilibre marqué entre l'offre et la demande de logements, entraînant des difficultés sérieuses d'accès au logement sur l'ensemble du parc résidentiel existant. Lorsqu'une commune est classée en zone tendue, on lui applique un dispositif qui vise à fluidifier le marché. Au total, 1 149 communes de 28 agglomérations[12] sont répertoriées en zone tendue (4,7 millions de logements en France). Une commune est intégralement déclarée en zone tendue. Ces zones sont soumises à la taxe sur les logements vacants (d'au moins un an). Elles sont également éligibles au dispositif Pinel et au prêt à taux zéro (pour le neuf uniquement). La taxe d'habitation peut être également majorée pour les résidences secondaires meublées. Afin de lutter contre la rétention foncière et les comportements spéculatifs, les propriétaires de terrains non bâtis et constructibles situés en zones tendues se voient appliquer une majoration forfaitaire correspondant à 3 euros/m^2.

En moyenne, dans ces communes en zone tendue, le taux d'artificialisation est de 31,6 % de la surface totale communale, contre 6,4 % de l'ensemble des communes recensées dans les fichiers fonciers en 2016. Cela suggère donc qu'environ 70 % des surfaces de ces communes sont susceptibles de faire l'objet d'une artificialisation accrue.

[12] Ajaccio, Annecy, Arles, Bastia, Bayonne, Beauvais, Bordeaux, Draguignan, Fréjus, Genève/Annemasse, Grenoble, La Rochelle, La Teste-de-Buch/Arcachon, Lille, Lyon, Marseille/Aix-en-Provence, Meaux, Menton/Monaco, Montpellier, Nantes, Nice, Paris, Saint-Nazaire, Sète, Strasbourg, Thonon-les-Bains, Toulon et Toulouse.

Figure 24 – Zones éligibles au dispositif Pinel

Source : ministère de l'Économie et des Finances

Depuis le 1er janvier 2019, sont également éligibles les logements situés dans le centre des communes signataires d'une convention d'opération de revitalisation du territoire (ORT) et les logements situés en centre-ville des communes signataires des conventions « Cœur de ville ». Ce recentrage du dispositif Pinel sur des zones de tension immobilière devrait permettre de freiner la construction de logement là où il n'y a pas de demande. Pour cela, 900 villes ont été exclues du dispositif, ce qui correspond à une population de 8 millions de Français. Par ailleurs, selon le rapport de la commission d'action publique 2022, les dispositifs fiscaux visant à soutenir l'offre et la demande dans les zones tendues viendraient au contraire alimenter la hausse des prix immobiliers et fonciers.

Des réflexions émergent progressivement sur une possible régionalisation du dispositif Pinel à l'échelle communale. La région Bretagne sera la première à bénéficier d'une expérimentation de ce type, autorisée et encadrée dans le projet de loi de finances 2019. Le zonage se ferait selon des critères définis en partie par le comité régional de l'habitat et de l'hébergement et serait arrêté par le préfet. Il s'agirait de favoriser une meilleure adéquation du Pinel aux enjeux d'aménagement du territoire tout en respectant les objectifs gouvernementaux de lutte contre l'étalement urbain.

3.2.3 Des leviers techniques permettant d'éviter, réduire ou « compenser » l'artificialisation

Le comité pour l'économie verte a recensé l'ensemble des moyens techniques permettant d'agir sur tout ou partie des déterminants de l'artificialisation des sols, qu'il s'agisse d'imperméabilisation, de consommation d'ENAF ou d'étalement urbain. Ces solutions sont très variées, allant de la réutilisation du bâti existant à la renaturation, au même titre que leurs bénéfices sur l'environnement. Ainsi, la construction d'immeubles collectifs peut contribuer à réduire l'imperméabilisation par rapport à la construction de plusieurs logements individuels pour loger le même nombre de personnes. Cependant, ils peuvent participer à une forme d'étalement urbain si les bâtiments sont éloignés de la frontière de la ville.

L'inventaire des bonnes pratiques des pays membres pour maîtriser l'imperméabilisation des sols établi par la Commission européenne (CE) dans ses lignes directrices de 2012 offre une clef de lecture intéressante[13]. Cet inventaire se limitait aux leviers de lutte contre l'imperméabilisation. Il peut être néanmoins élargi aux deux autres dimensions de l'artificialisation définies dans le précédent diagnostic, à savoir la perte d'ENAF et l'étalement urbain. Dans cette perspective, le Tableau 12 propose la trame de ce qui pourrait être un guide d'aide à la décision pour maîtriser l'artificialisation dans un territoire à partir d'un échantillon de techniques reprises des lignes directrices de la CE, ainsi que dans l'expertise scientifique INRA-IFSTTAR de 2017, le rapport Sainteny[14], le rapport de l'OCDE[15] et la note préparée par l'Ademe pour le groupe de travail artificialisation du comité pour l'économie verte (CEV) [16]. Le CEV propose de classer ces alternatives selon leur orientation :

- éviter l'augmentation de l'imperméabilisation et/ou de la consommation d'ENAF et/ou l'étalement urbain ;
- réduire les effets environnementaux de l'imperméabilisation et/ou de la consommation d'ENAF et/ou de l'étalement urbain ;
- compenser les effets environnementaux de l'imperméabilisation et/ou de la consommation d'ENAF et/ou de l'étalement urbain en préservant la fonction globale du sol dans une zone donnée.

Pour chacun des leviers envisagés, le tableau considère l'impact potentiel sur les trois dimensions de l'artificialisation (I pour imperméabilisation, C pour consommation d'ENAF et E pour étalement urbain). L'idée est d'identifier ainsi les impacts les plus négatifs sur chaque dimension, afin de couvrir le mieux possible les risques existants.

Tableau 12 – Exemples d'actions pour éviter, réduire ou compenser l'artificialisation ainsi que leurs effets attendus

	Action	I	C	E
Éviter	Réoccupation des logements et locaux vaccants	X	X	X
	Réutilisation des friches industrielles		X	X
	Élévation de bâti (densification verticale)	X	X	
	Division parcellaire (densification horizontale)		X	X
	Réalisation de parkings souterrains	X	X	
	Développement des infrastructures de transport public			X
Réduire	Utilisation de matériaux et de surfaces perméables (parcs de stationnement perméables)	X		
	Développement d'infrastructures vertes (toits verts, bandes enherbées, etc.)	X		
	Techniques pour compenser les effets de l'artificialisation	X		
Compenser	Régénération des sols (renaturation des sols)	X	X	X
	Réutilisation de la couche de terre et rétablir le sol artificialisé	X	X	X

Source : d'après CEV, 2019

[13] http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_fr.pdf
[14] Centre d'analyse stratégique (2011), *Les aides publiques dommageables à la biodiversité*, rapport du groupe de travail présidé par Guillaume Sainteny, octobre.
[15] OCDE, 2018.
[16] Feix I. (2018), « Artificialisation des sols », GT Artif. du Comité pour l'économie verte, note Ademe, 36 p., novembre.

Parmi les techniques d'évitement de l'artificialisation, le recyclage urbain, avec la réutilisation de friches industrielles ou l'utilisation des logements et locaux vacants, permet de diminuer l'étalement urbain et la consommation d'ENAF. Si dans certains cas l'imperméabilisation peut être augmentée dans les projets de réaménagement de friches urbaines, l'effet sera par ailleurs moindre par rapport à une construction sur un sol naturel. À l'inverse, certaines techniques ne jouent que sur une partie des trois aspects, comme la division parcellaire, qui permet de construire sur des terrains déjà artificialisés, notamment les jardins dans les zones peu denses, mais qui comporte un risque d'imperméabilisation accrue : il faut alors choisir quel aspect de l'artificialisation il est plus souhaitable de maîtriser. Enfin, des solutions telles que les parkings souterrains visent à concilier les obligations réglementaires et de cadre de vie avec une moindre consommation des sols. Toutefois, en augmentant les possibilités de stationnement, cette solution peut souvent accroître le risque d'étalement urbain.

Les techniques de réduction des effets de l'artificialisation sont principalement liées à l'implantation d'infrastructures vertes (bandes enherbées, ceintures vertes) et des méthodes d'atténuation. Elles visent essentiellement à réduire l'imperméabilisation des sols et ses conséquences, en particulier sur le ruissellement par l'aménagement des espaces urbains (système de gestion des eaux in situ, toits verts). Des espaces verts importants atténuent également les effets liés au captage de carbone et à la fragmentation de l'habitat en termes de biodiversité. Ces solutions peuvent avoir un effet négatif sur les autres dimensions, à commencer par la perte d'ENAF, puisqu'il s'agit d'espaces anthropisés. Dans le cas où l'espace urbain est peu dense, le développement de systèmes de récupération, de collecte ou les autres infrastructures vertes peuvent aboutir à une croissance de la ville.

Les techniques de compensation sont moins nombreuses et leurs effets sont censés être neutres sur les trois dimensions de l'artificialisation, en supposant une compensation parfaite des projets d'aménagement. Il s'agit de techniques de réemploi des terres excavées ou artificialisées, et de techniques s'attachant à restaurer une partie des propriétés physiques des sols, par exemple en employant la couche de terre arable excavée pour participer à une remise en état de sols pollués. Cela peut permettre d'être quasiment neutre sur l'artificialisation des sols en opérant un transfert entre deux endroits, sous réserve de bien prendre en compte qu'un sol restauré n'est pas complètement de même nature que le sol d'un ENAF. Ces techniques relevant de la renaturation font l'objet de la partie 4.

L'évaluation des effets socio-économiques de la mise en œuvre de ces leviers est délicate, eu égard au caractère contrasté de leurs effets. Ainsi, réoccuper des logements vacants peut nécessiter des travaux pour adapter les lieux aux critères de confort actuels, ce qui résultera en une augmentation des loyers. En contrepartie, réoccuper les logements en centre-ville peut contribuer à une plus grande attractivité de la ville, potentiellement une plus grande mixité sociale, à des gains d'accessibilité pour les habitants de ces logements et à des économies d'émissions de CO_2 et de polluants atmosphériques. Enfin, la collectivité fait des économies d'équipements publics par rapport à des logements en extension urbaine.

En résumé

En Europe, tous les pays étudiés disposent de documents de planification et de cadres similaires à ce qui se trouve en France, mais les évaluations et les descriptions fines manquent pour en tirer des enseignements. Les principales tendances se dégageant de ces exemples européens sont : i) une importante concertation, coordination, et conciliation des différents intérêts (privés, publics, sectoriels) est observée ; ii) l'ensemble du territoire est couvert par une réglementation encadrant l'usage des sols ; iii) ces pays développent des instruments d'observation et de suivi (services d'information géographique, cartographies détaillées). Un effort de production de données et de mise à disposition du public est réalisé.

Les pouvoirs publics mobilisent également un cadre fiscal particulièrement touffu, près d'une trentaine de taxes s'appliquant aux terrains urbanisables. Il apparaît néanmoins très difficile de mesurer les effets propres de chacun de ces outils sur les dynamiques locales d'artificialisation. À ces instruments fiscaux s'ajoutent des politiques de soutien au secteur du logement (prêt à taux zéro par exemple) visant à soutenir l'activité du secteur immobilier, l'accession à la propriété et le renouvellement urbain. Elles jouent un rôle déterminant dans les dynamiques de construction – et donc dans certains cas d'artificialisation –, en ciblant un type de logement, une zone particulière, un groupe de ménages spécifiques.

4 Les perspectives liées à la renaturation

4.1 Un essai de définition

La notion de « renaturation des sols » est peu présente dans la littérature et n'y est pas définie. Nous nous basons donc dans un premier temps sur le concept plus large de « renaturation ».

4.1.1 Des approches très diverses

La renaturation désigne une « opération permettant à un milieu modifié et dénaturé par l'homme de retrouver un état proche de son état naturel initial »[17]. Le concept est utilisé dans différents domaines et par différents acteurs qui en proposent des définitions variées :

- En génie écologique[18], la renaturation d'un milieu désigne « les opérations d'aménagements restauratoires ou de gestion restauratoire puis conservatoire consistant à restaurer le « bon » état écologique et paysager de sites qu'on estime dégradés par les activités humaines ou par l'absence de certains animaux (grands ou petits herbivores,

[17] https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/renaturation/186710.
[18] « Le génie écologique désigne la mise en œuvre des techniques utilisant le vivant, végétal ou animal, pour la qualité environnementale des milieux que l'on cherche à restaurer, créer, préserver ou gérer. Le vivant constitue donc un moyen et/ou une finalité. » https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2015-1-page-4.htm

fouisseurs, etc.). Il s'agit de détruire des éléments artificiels, reconstituer une végétation et une hydrographie plus naturelles, et de restaurer les conditions d'une meilleure résilience écologique[19] ». Dans ce domaine, la renaturation semble être synonyme de la « restauration écologique » définie au sens strict par la Society for Ecological Restoration International (S.E.R., 2002) comme « le processus d'assister l'auto-régénération des écosystèmes qui ont été dégradés, endommagés ou détruits ». La restauration tend donc vers le retour d'un écosystème à sa trajectoire historique[20]. La réhabilitation est un concept proche également, mais l'accent est mis sur les services fournis plutôt que sur la restauration elle-même[21].

- En gestion de l'eau, la renaturation correspond à « l'ensemble des mesures et des travaux entrepris pour améliorer la qualité écologique des lacs et des cours d'eau lorsque celle-ci a été perturbée ou s'est dégradée au cours du temps. Elle vise une bonne qualité de l'eau, un débit, un tracé et des berges proches de l'état naturel, et à retrouver des biotopes abritant une faune et une flore diversifiées »[22]. La renaturation des cours d'eau vise à la fois l'assainissement de l'énergie hydraulique et la revitalisation, c'est-à-dire, la restauration des fonctions naturelles d'un milieu aquatique par des travaux d'aménagement[23].
- En conservation de la nature, la renaturation est « l'ensemble des processus par lesquels les espèces vivantes recolonisent spontanément un milieu artificiel ou ayant subi des perturbations écologiques »[24]. Elle peut survenir après un abandon ou une déprise d'un espace. Une quarantaine d'acteurs de la région Hauts-de-France définissent effectivement la renaturation comme la « reconquête des espaces délaissés après avoir été utilisés, modifiés, dégradés par une activité humaine, afin de les mettre à disposition de la faune et de la flore sauvages »[25]. Pour l'association Humanité et Biodiversité, la renaturation concerne les milieux imperméabilisés et consiste à les transformer afin de leur rendre leurs fonctions écologiques, c'est-à-dire la capacité d'accueil du vivant et de l'eau. La renaturation comprend alors ici des actions de remodelage de terrain, de reconstruction de sol, de désimperméabilisation et de remise en état des trajectoires de végétation[26].
- En urbanisme (et architecture), la renaturation est un « processus de modification d'une portion de l'espace, bâtiment, îlot, quartier, parcelle, "paysage", territoire, sous l'effet d'une extension de l'occupation par des éléments naturels, flore, faune, écoulement des eaux superficielles, activité morphodynamique ». La renaturation concerne ici une forme volontaire d'aménagement des paysages plus ou moins artificialisés qui consiste à « faire participer la nature comme élément du fonctionnement du système urbanisé ». Elle regroupe les différentes opérations « non naturelles » visant à restaurer un état écologique et paysager de sites que l'on estime dégradés par les activités anthropiques.

[19] www.genie-vegetal.eu/page/22/5--creation-et-restauration-d-habitats--renaturation-des-zones-artificialisees.htm
[20] www.universalis-edu.com/encyclopedie/protection-de-la-nature-restauration-ecologique/
[21] Dron D. et Guérin A-J. (coord.) (2018), « Sols en danger : réduire l'artificialisation », *Responsabilité et environnement*, n° 91, 95 p., juillet.
[22] www.cipel.org/wp-content/uploads/2012/04/renaturation_fr.pdf
[23] www.biodivers.ch/fr/index.php/Renaturation_et_revitalisation#D.C3.A9finitions
[24] Péna M. (2015), « La renaturation en ville », in *Quelles solutions face au changement climatique ?*, CNRS éditions (ISNB : 978 2 271 08925 0).
[25] www.espaces-naturels.info/renaturer-pas-reverdir
[26] Humanité et Biodiversité (2018), *Contribution de la compensation écologique à un modèle économique de renaturation des friches urbaines et périurbaines*, étude.

> Cette définition est à la base du concept de ville durable en urbanisme où l'on cherche à intégrer la nature et créer des espaces où peut se développer la biodiversité. Notons qu'ici la naturalité est définie comme la capacité d'un milieu à s'auto-entretenir, grâce à une biodiversité et des cycles naturels (cycles du carbone, de l'eau, de l'azote, de l'oxygène, etc.) [27] [28].

La renaturation concerne donc des milieux ayant subi des perturbations anthropiques et évoluant vers un état plus proche de leur état naturel initial. Cette évolution peut être spontanée ou conduite par l'homme par un ensemble d'opérations. Selon le domaine, l'état « plus naturel » visé est différent mais on peut le caractériser par les notions communes identifiées au travers de ces définitions. Il semble donc que la renaturation vise un « bon état », ou qualité, écologique et paysager d'un milieu lui permettant d'assurer ses fonctions naturelles en ayant la capacité de s'auto-entretenir (et de fournir des services écosystémiques attendus).

Notons qu'en ville, où la renaturation consiste principalement à végétaliser et augmenter la biodiversité, l'état « plus naturel » visé est beaucoup moins proche de l'état naturel initial que dans le cas de la renaturation d'un cours d'eau ou d'une terre agricole dégradée par exemple. Dans le premier cas par rapport au second, on cherche davantage à limiter les effets des perturbations anthropiques plutôt qu'à atteindre l'état naturel initial du milieu[29].

4.1.2 Une définition

La renaturation d'un sol désigne l'ensemble des processus permettant de ramener un sol dénaturé, c'est-à-dire ayant subi des perturbations, à un état proche de son état naturel initial. Par conséquent, tout processus appliqué à un espace dénaturé permettant de se rapprocher d'un état plus naturel est une action de renaturation. Les actions sont très diversifiées et d'ambitions variables selon la nature de la perturbation que le sol a subi (perte de matière, perte de biodiversité, imperméabilisation, compaction, contamination etc.). La renaturation comprend à la fois les méthodes de déconstruction, désimperméabilisation, dépollution, mais également la construction de sols fertiles et la végétalisation. Afin d'atteindre l'état naturel initial recherché et réaliser ainsi une renaturation « complète » du sol, l'ensemble des perturbations subies doivent être corrigées. Un ensemble de méthodes à mettre en œuvre est donc souvent nécessaire.

La désartificialisation correspond à la renaturation complète d'un espace artificialisé, à savoir la transformation de cet espace en un espace que l'on peut qualifier de naturel, agricole ou forestier. Atteindre une désartificialisation complète nécessite donc de recourir à un ensemble de techniques de renaturation. Celles-ci seront choisies en fonction de l'état du sol artificialisé et de la nature des perturbations subies (Figure 25). Par conséquent, il sera plus facile de désartificialiser des sols non imperméabilisés, qui ne nécessiteront pas des opérations de déconstruction et de désimperméabilisation, procédés encore très peu testés et étudiés. Les actions de renaturation permettant la végétalisation grâce au génie pédologique (construction de technosols fertiles) ne permettent pas de désartificialiser les espaces urbains mais sont souvent requises lors des dernières étapes de renaturation. Il existe donc

[27] Pech P (2015), « Renaturation », Encyclopédie *Hypergéo* http://www.hypergeo.eu/spip.php?article641# .
[28] Péna M. (2015), « La renaturation en ville », *op.cit.*
[29] Notons toutefois que la plupart des sources mentionnent que le retour complet à l'état initial n'est pas envisageable, voire « utopique ».

des sols plus facilement « désartificialisables » ; il s'agit des sols artificialisés non imperméables. En pratique, cela concerne les anciennes carrières, décharges et chantiers.

Figure 25 – Les processus de renaturation (en jaune) en fonction des différents types de perturbations que subissent les espaces dénaturés (en blanc)

Source : France Stratégie

4.2 Les enjeux spécifiques de la renaturation des sols

4.2.1 La perte de sol et de matière organique

L'artificialisation peut causer une perte de matière – par érosion ou par excavation –, mais également une perte des propriétés des sols. Les sols urbains présentent des déficits en azote, phosphore et potassium ainsi que de faibles teneurs en matière organique[30]. L'artificialisation cause donc une perte de fertilité des sols, ce qui ne leur permet pas d'assurer une de leurs fonctions essentielles : le support de la végétation.

La pédogenèse, un processus non linéaire et de très long terme

Le sol constitue l'interface entre la lithosphère, l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère[31]. La pédogenèse est un ensemble de processus conduisant à sa formation à partir d'un matériau parental et sous l'influence de facteurs environnementaux. Trois processus sont fondamentaux : i) l'altération des roches ; ii) l'incorporation et l'évolution de la matière organique ; iii) les migrations, mouvements et accumulations.

[30] Les sols artificialisés urbains présentent peu de décomposeurs du fait de l'absence de résidus de matière organique, ce qui conduit à une réduction de la matière organique et, par conséquent, de la fertilité du sol.
[31] http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/pedologie/#c_6

L'ensemble de ces processus aboutit à la différenciation du sol en horizons (appauvrissement ou accumulation relative en matière organique, argiles, carbonates, oxydes). Les processus de pédogenèse ne peuvent pas être observés car ils sont lents et de très long terme, mais l'étude des chronoséquences de sols datés permet de les caractériser[32]. Les principales caractéristiques étudiées pour la formation de sol sont l'épaisseur de l'horizon de formation (ou horizon de croissance) et la teneur en humus. Ces indicateurs permettent ensuite de déterminer des vitesses et taux de formation des sols et d'enrichissement en matière organique.

La formation de sol est un processus non linéaire, comprenant différentes phases et transitions. On distingue trois principales phases séparées par deux points critiques. La première, le « stade initial », correspond à une croissance rapide du sol et dure de soixante à soixante-dix années. Après passage du premier point critique, une seconde phase caractérisée par une croissance lente se met en place. Il faut alors environ six mille ans pour atteindre, sous certaines conditions environnementales, le deuxième point critique ou « quasiclimax » qui ouvre la troisième phase[33]. Les taux de croissance de l'horizon humique sont alors en moyenne de 0,04 mm/an. Le taux le plus rapide survient lors des premières étapes de développement du sol, c'est-à-dire les dix premières années. Ensuite, le taux décroît. La pédogenèse est donc un processus de très long terme.

Les facteurs déterminant l'efficacité de la pédogenèse

La formation de sol peut être très variable d'un contexte à un autre. Les taux maximaux de formation de sol surviennent à des épaisseurs de l'horizon en croissance variables selon les types de sols. Les facteurs déterminant l'efficacité de la pédogenèse pour des sols dégradés (vitesse de formation de l'horizon humique) sont multiples :

- les conditions climatiques locales ;
- la nature de la roche mère ;
- la nature de la couverture végétale : selon les conditions de végétation, le taux de formation de l'horizon humique peut varier de 1 à 4 et le taux de formation de la teneur en humus de 1 à 5 ; globalement l'efficacité de la pédogenèse est meilleure lorsque le couvert est composé d'espèces locales et/ou permettant une meilleure entrée de la matière organique ;
- l'apport d'intrants : l'application de fertilisants et amendements « accélère » le processus ;
- le stade de la pédogenèse : les taux de restauration les plus forts ont lieu lors des stades initiaux de la pédogenèse ;
- le degré de perturbation : le taux de restauration du sol augmente avec l'augmentation du degré de perturbation du sol (et donc d'érosion) ;

[32] De tels travaux ont été initiés et réalisés en Russie avec pour objet d'étude des sols matures, dits « *chernozem* », sous les latitudes tempérées. Ce type de sol se caractérise par de fortes teneurs en carbonates et humus et correspond à un groupe de sols de référence au sein de la base mondiale pour les ressources en sol. Il s'agit d'une terre très fertile pouvant produire de hauts rendements agricoles.

[33] Goleusov P. V. et Lisetskii F.N (2008), "Soil development in anthropogenically disturbed forest-steppe landscapes", *Eurasian Soil Science*, vol. 41, n° 13, janvier.

– la surface de la perturbation : les taux de régénération des sols sont plus élevés pour des perturbations locales (mines) que des perturbations à large échelle (dépôts de morts-terrains).

La perte de sol ne peut pas être corrigée par régénération naturelle à court terme

La renaturation ou la restauration[34] d'un sol par pédogenèse naturelle est un processus très long par rapport aux dégradations qu'il peut subir. Par conséquent, on peut difficilement considérer que ces processus permettent de « compenser » l'artificialisation dans une perspective de « zéro artificialisation nette ». Ainsi, si des constructions sont directement sur la roche mère, la renaturation dans le sens de l'atteinte de l'état naturel initial est impossible (parkings souterrains).

Notons toutefois que la pédogenèse peut être favorisée. Un diagnostic de l'ensemble des conditions doit être réalisé dans un premier temps. Il faut prendre en compte les différences bioclimatiques des zones et faire un diagnostic local du degré de perturbation de la couverture végétale et du potentiel de régénération du sol. Lorsque des paysages technogéniques sont renaturés, l'efficacité de la régénération des sols repose sur la sélection de combinaisons optimales (choix des communautés herbacées et de l'apport ou non de fertilisants en fonction des autres facteurs déterminants).

À l'échelle humaine, la formation de sol au sein d'écosystèmes dégradés est très longue. Même s'il est possible de jouer sur certains facteurs, on ne peut en aucun cas viser un retour à l'état initial. Par conséquent, nous considérons la perte de sol et de matière organique comme une dégradation irréversible.

4.2.2 Les pollutions

Les sols artificialisés peuvent être soumis à diverses contaminations, c'est-à-dire à la présence anormale de produits potentiellement dangereux dans le milieu. Cette contamination est une pollution lorsqu'il existe une possibilité de nuisance ou de risque pour l'homme, la faune ou la flore, les eaux de surfaces, souterraines, voire pour les constructions ou le paysage[35].

Les polluants les plus souvent observés au sein des sols artificialisés sont les hydrocarbures, métaux et hydrocarbures volatils non chlorés. Plus spécifiquement, on observe une très forte teneur en zinc et en plomb dans les sols urbains par rapport aux sols non artificialisés. Les sols non imperméabilisés peuvent également être soumis à des pollutions, ce qui entraîne un risque pour les consommateurs et les populations sensibles dans le cas où ces espaces sont utilisés pour des productions végétales.

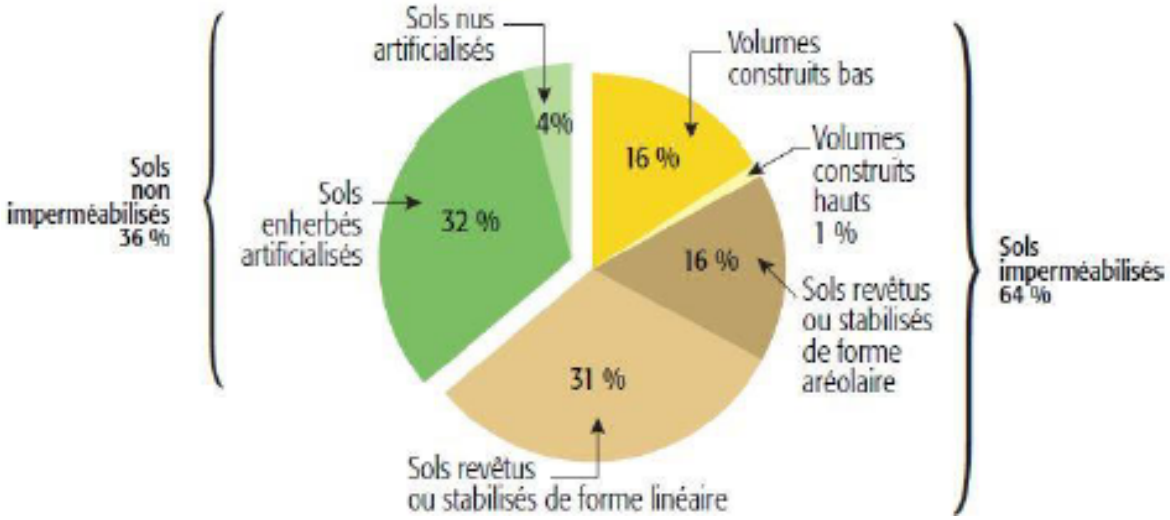
[34] La restauration du sol doit lui permettre d'assurer ses fonctions stables d'écosystème, contrairement à la renaturation qui, en théorie, vise l'atteinte d'un état initial.
[35] CGEDD et CGAAER (2015), « Propositions pour un cadre national de gestion durable des sols », *Alim'agri*, novembre.

4.2.3 L'imperméabilisation

Un sol est imperméable lorsqu'il ne permet plus d'échanges biophysiques entre les couches souterraines et aériennes. Les sols imperméabilisés représentent 64 % des surfaces artificialisées en France. Il peut s'agir de surfaces bâties, revêtues ou stabilisées (Figure 26).

La renaturation des sols imperméables est très peu étudiée, mais leur caractéristiques (structure du sol fragilisé, faible teneur en matière organique[36]) montrent que ces sols présentent de faibles capacités à supporter une végétation même après avoir retiré le revêtement imperméabilisant.

Figure 26 – Les différents types de sols artificialisés



Source : Agreste – Enquêtes Teruti-Lucas, 2015

Les espaces artificialisés imperméabilisés supportant des bâtiments ou des voiries doivent être dans un premier temps descellés pour être renaturés. Cependant il n'existe pas de données et d'indicateurs concernant cette pratique. Il est par exemple nécessaire de connaître l'état du sol en dessous des voiries (quantité et qualité de la matière encore présente) afin de déterminer l'épaisseur à retirer pour la renaturation[37].

4.2.4 L'usage des sols, facteur déterminant des enjeux d'une surface artificialisée

Le degré d'imperméabilisation, le degré de perturbation et la position (dans la trame urbaine, écologique, dans le bassin hydrologique ou dans le paysage rural) du sol artificialisé sont déterminants pour les impacts environnementaux de l'artificialisation[38]. Ceux-ci sont nombreux et diffèrent d'un usage d'un sol à l'autre ainsi qu'en fonction de l'âge du site et des usages précédents. Il est important d'identifier les impacts de l'artificialisation sur le type de

[36] La suppression du couvert végétal entraîne une diminution de la teneur en carbone organique.
[37] Un essai a été réalisé pour une ancienne mine de Thompson.
[38] Comité pour l'économie verte (2018), *Les instruments incitatifs pour la maîtrise de l'artificialisation des sols*, rapport.

sol étudié avant de le renaturer afin de déterminer les caractéristiques du sol que l'on va chercher à améliorer.

Au sein des deux catégories de sols artificialisés (imperméables ou non), les enjeux de la renaturation dépendent de l'usage de ces sols. Ils présentent un certain nombre de caractéristiques (apport et/ou export de matériaux, mélange de strates, perturbation de la couverture) diminuant le potentiel de croissance des végétaux (faible capacité d'infiltration, forte pierrosité, faible teneur en carbone organique), favorisant l'érosion hydrique et les risques d'inondations (faible capacité d'infiltration, absence de couvert végétal et des horizons de surface)[39].

4.2.5 Des niveaux de réversibilité variables

Le processus d'artificialisation est réversible si l'espace artificialisé peut revenir à un état naturel moyennant des travaux ou une gestion adaptée. Cette réversibilité dépend à la fois de la faisabilité technique et de la faisabilité économique des techniques mises en œuvre pour ramener un sol à son état naturel. L'IDDRI propose un indicateur pour l'évaluer selon différents types de terrains (Tableau 13). L'institut montre que les sols artificialisés, revêtus ou bâtis, présentent le plus faible degré de réversibilité car ils sont imperméables, compactés et pollués, ce qui occasionnerait des coûts importants. En revanche, les sols non revêtus sont théoriquement réversibles d'un point de vue technique.

Un sol artificialisé « réversible » peut donc être désartificialisé. Cela semble donc concerner uniquement les surfaces artificialisées perméables. Effectivement, le même rapport indique que depuis 1999, 3 600 hectares de terrains ont été désartificialisés, mais il s'agit principalement de carrières et de terrains ouverts (terrains sportifs, jardins, terrains vacants…). La fréquence de retour à un état naturel effectivement observé est la plus faible pour des espaces bâtis . La désimperméabilisation ne semble pas avoir été étudiée à ce jour. Par ailleurs, l'état du sol sous les surfaces revêtues est très peu connu. Ainsi, on ne sait pas quelles mesures sont à mettre en œuvre afin de renaturer le sol (décapage, apport de matière organique…).

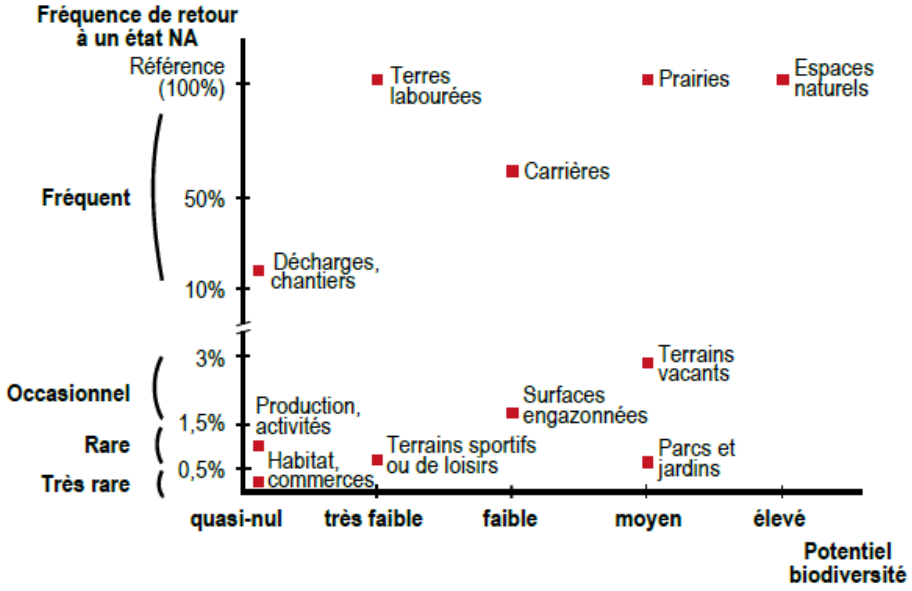
Tableau 13 – Indicateurs de réversibilité selon le type de terrain

Degré de réversibilité	Caractéristiques
0 – très faible	Terrain construit ou revêtu en zone urbaine dense
1 – faible	Terrain construit ou revêtu en zone peu dense, nécessitant peu de déconstruction (production d'eau ou d'énergie, entreposage à l'air libre…)
2 – moyenne	Espaces ouverts artificialisés
3 – forte	Carrières, décharges, chantiers
4 – maximale	Espaces naturels ou semi-naturels, espaces agricoles

Source : IDDRI, 2017

[39] INRA et IFSTTAR (2017), *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action*, synthèse de l'expertise scientifique collective, décembre.

Figure 29 – Potentiel de biodiversité et de réversibilité de différents usages du sol



L'indicateur de potentiel biodiversité est repris à partir de l'indicateur BioMos (intérêt moyen pour la biodiversité, à dires d'experts).
En ordonnée, la « réversibilité observée » est mesurée à partir de la fréquence observée de retour à un état naturel ou agricole, sur la période 1999-2012. Exemple : 1,8% des surfaces engazonnées présentes en 1999 sont devenues naturelles ou agricoles en 2012.

Source : IDDRI, 2017

4.3 Des exemples de renaturation

4.3.1 La désartificialisation

La déconstruction et destruction d'éléments artificiels

La déconstruction concerne les bâtiments, les infrastructures bétonnées, les chenaux et endiguements. La réversibilité des sols construits est très difficile à mettre en œuvre et très coûteuse. Il ne s'agit pas uniquement de détruire les constructions mais également d'évacuer les matériaux. Pour la déconstruction des bâtiments, différentes étapes sont nécessaires :

- phase de curage : retrait de tous les éléments non structurels (cloisons, revêtements de sols, faux-plafonds, sanitaires etc.) et tri des déchets ;
- évacuation des matériaux dangereux (amiantes, dalles, colles…) ;
- écrêtage partiel et grignotage : démolition étage par étage et tri mécanique des matériaux au sol (béton, ferraillages, bois, déchets industriels banals).

Les matériaux peuvent ensuite être recyclés ou réemployés. Les meilleurs taux de valorisation atteints pour les chantiers les plus vertueux sont de 80 % voire 90 %. Pour un exemple de chantier, ces matériaux sont valorisés à hauteur de 1 euro/tonne. En revanche, les déchets restants sont des déchets ultimes qui doivent être mis en décharge pour un coût de 100 euro/tonne.

Les techniques de dépollution

On parle de dépollution lorsqu'on supprime la source de pollution. Cela peut correspondre à l'extraction, la stabilisation ou la dégradation des polluants.

Les espaces concernés

La dépollution concerne principalement les anciens sites industriels et miniers. Les sols revêtus sont également concernés par des contaminations, mais leur dépollution n'a pas encore été étudiée à ce jour. Nous présentons ici uniquement le cas des friches industrielles, c'est-à-dire des sites qui ont été marqués par leur utilisation passée et sont actuellement abandonnés[40] ou sous-utilisés. Ces friches peuvent présenter des problèmes de contamination réels ou perçus et nécessitent une intervention pour retrouver un usage bénéfique[41]. Ils sont répertoriés par différents types d'inventaires. Le ministère de la Transition écologique et solidaire recense dans BASOL les sites appelant à une action des pouvoirs publics pour prévenir les risques sur les personnes et l'environnement. L'inventaire dénombre 6 798 sites dont les situations et les types de pollutions sont variés[42]. L'Ademe distingue trois types de sols dans les friches polluées : les remblais ; les dalles en béton et enrobés ; les sols naturels souillés par des métaux ou des hydrocarbures.

Les techniques existantes

Différentes techniques de remédiation existent et elles consistent soit à éliminer ou diminuer la concentration en polluants dans les sols soit à diminuer leur disponibilité et les risques associés. Les polluants concernés sont surtout les éléments traces métalliques (ETM) pouvant demeurer plusieurs années dans les sols.

Les différentes méthodes de remédiation se distinguent par leurs applications, leur efficacité, leurs impacts mais également leurs coûts (Tableau 14, page suivante). Certains traitements du sol de l'eau ou de l'air sont réalisés directement en place (traitement in situ). Les déchets, produits, matériaux (ou directement le sol ou l'eau) peuvent aussi être traités dans une installation après pompage ou excavation. Le traitement est alors réalisé *sur* ou *hors site* dans un centre de traitement extérieur. La dépollution peut être accompagnée par une opération de confinement sur site qui consiste à supprimer les voies de transfert des pollutions. Il peut s'agir de couvrir la terre par une couche de matériaux sains ou de l'encapsuler dans un « sarcophage » étanche. Estimées à un coût de 10 euros/m^3, les techniques de confinement sont souvent beaucoup moins onéreuses que la dépollution, ce qui explique qu'elles soient souvent mises en œuvre en substitution ou de façon temporaire. Elles permettent de contenir physiquement les impacts mais ne suppriment cependant pas la pollution.

[40] Il existe différentes définitions de la friche : l'Insee la définit par exemple comme une non-utilisation pendant au moins deux ans, et la région Île-de-France dès un an.
[41] Il existe deux grands types de friches : les grandes entreprises à l'abandon ou en friche (anciens sites de production sidérurgique avec des cokeries ; anciens sites miniers, métallurgiques ou textiles) et les myriades de petits espaces enchevêtrés dans un habitat en petit parcellaire (ateliers de mécanique ou de produits chimiques ; stations-services).
[42] 25 % des pollutions des sites répertoriés dans BASOL sont inorganiques (métaux et métalloïdes) et 65 % sont organiques (hydrocarbures), mais de nombreuses pollutions sont mixtes. Notons que les pollutions ne s'arrêtent pas aux limites cadastrales des sites car il existe des débordements.

Tableau 14 – Synthèse des différentes techniques de dépollution des sols

Nom de la méthode		Procédé	Cas concernés	Avantages	Inconvénients	Coût
Incinération		Destruction ou volatilisation des polluants par combustion aérobie à 870 -1 200 °C	Concentrations importantes en polluants,	Efficace (destruction des polluants) ; rapide ; grande variété de polluants (tous sauf radioactifs) ; traitements sur sites possibles grâce à des unités mobiles	Excavation des sols ; énergivore ; production de cendres fortement contaminées ; émissions de CO_2 importantes	120 à 455 €/t*
Vitrification		Transformation du sol (partie non saturée en eau) par la chaleur en un matériel fondu qui, après refroidissement, devient un verre encapsulant les polluants	Large spectre de contaminations organiques et inorganiques	In situ, potentiel de lixiviation très faible	Perte de toutes les caractéristiques et fonctions du sol ; consommation énergétique ; métaux immobilisés mais toujours présents dans le sol	400 à 900 $/$m^3$
Désorption thermique		Volatilisation des polluants lors d'un chauffage à 400 - 600°C	Méthode physique ex situ ; sites pétroliers, pétrochimiques (raffineries), cokeries et usines à gaz (charbon) et grands complexes chimiques (engrais, explosifs, pesticides): terres excavées	Tout type de sol et de polluant organique ; élimination définitive de la pollution ; efficace rapide	Altération du sol (matière organique, texture minéralogie et pH), et de l'activité biologique ; consommation énergétique importante ; nuisances des installations	« Élevé » (consommation énergétique)
Atténuation naturelle		Ensemble de processus naturels (sorption, dilution, biodégradation) sans intervention humaine	Pas de risque de contamination ; pollutions anciennes ; disponibilité des contaminants faibles	Pas d'affectation des propriétés des sols ; recolonisation biologique spontanée	Temps long	12 à 65 €/m²
Phytoremédiation	**Phyto-stabilisation**	Réduction de la mobilité et de la disponibilité des polluants dans le sol grâce à une couverture végétale qui maintient les métaux au niveau de la rhizosphère	Revégétalisation et valorisation de sites rendus inutilisables par les contaminations ; mesure temporaire pour les sites à risque en attendant remédiation définitive	Méthode in situ (réduit les risques de dispersion et de pollution) ; grandes surfaces ; amélioration de la qualité des sols	Techniques lentes (quelques années à quelques dizaines d'années) ; dépollution limitée à la profondeur des racines	2 à 12 €/m²
	Phyto-extraction	Captation, transport et accumulation des métaux dans les tiges et feuilles des végétaux	Utilisation limitée car faible production de biomasse			18 à 40 €/m²
	Phytomining (agromining)	Phytoremédiation avec extraction des métaux accumulés par les plantes en vue d'une commercialisation	Pas encore en application ?	Intéressant économiquement	-	Dépend de la valorisation

** coûts d'énergie nécessaires au fonctionnement, de traitement des rejets gazeux et de l'exutoire final des terres brûlées mais hors coûts de transport et d'excavation.*

Source : France Stratégie

Dans les cas où l'espace n'est pas disponible sur site ainsi que pour les matériaux les plus dangereux, les opérations de dépollution sont suivies par une mise en décharge. C'est actuellement le cas des terres polluées excavées pour des contraintes réglementaires[43]. Les coûts de la mise en décharge varient de 10 à 150 euros/tonne[44] en fonction du type de déchet (hors coût de transport). Les méthodes les plus efficaces et les plus rapides se révèlent également les plus onéreuses. Il s'agit des méthodes physiques (incinération, vitrification et désorption thermique) qui permettent effectivement d'éliminer rapidement la pollution mais qui sont très coûteuses du fait de leur caractère énergivore par rapport aux méthodes de phytoremédiation et qui peuvent significativement dégrader la qualité des sols.

Le terme de phytoremédiation regroupe cinq techniques (phyto-extraction, phyto-stabilisation, phyto-volatilisation[45], rhizofiltration[46], phyto-dégradation[47]), mais nous ne présentons ici que celles concernées par les ETM. Ces méthodes basées sur des plantes « outils » tolérantes aux pollutions sont intéressantes car peu coûteuses mais agissent sur un temps long. C'est également le cas de l'atténuation naturelle (diminution de la concentration en HAP par 2 en sept ans pour des friches industrielles de cokerie). L'ensemble de ces méthodes biologiques concerne des pollutions superficielles ou peu profondes.

Les méthodes de dépollution sont choisies en fonction des coûts et des contraintes de temps. Il semble qu'aucune méthode de dépollution ne soit parfaite et que l'assainissement des sites dans des temps et coûts raisonnables repose sur la combinaison de différentes techniques.

La mise en œuvre complexe de la dépollution

Il n'existe pas de valeurs réglementaires françaises déterminant des seuils qui permettent de qualifier un sol comme « contaminé » ou non. Il est par conséquent impossible de définir pour quel niveau de pollution la procédure d'évaluation quantitative du risque sanitaire (EQRS) doit être déclenchée. La politique nationale de gestion des sites pollués se base sur la vérification de la compatibilité des milieux à un usage donné. Les valeurs observées sont comparées aux valeurs de gestion réglementaire ou aux concentrations dans les milieux naturels de l'environnement local. Pour les sols à vocation de production alimentaire, il existe des valeurs de référence européenne pour les teneurs en plomb et cadmium dans les légumes commercialisés. En revanche, pour les sols, il existe différents référentiels et les seuils sont souvent déterminés en appui avec la communauté scientifique locale. Les données du GIS Sol fournissent des concentrations habituelles dans les sols agricoles. En revanche, pour les sols urbains et périurbains, il n'y a pas d'encadrement clair ni de données locales. La cellule interrégionale épidémiologique propose des niveaux de concentration, mais en pratique les chercheurs et bureaux d'études utilisent l'arrêté de 1998 qui fixe des prescriptions techniques sur l'épandage de boues sur les sols agricoles étendu à tout produit organique[48].

La dépollution n'est cependant pas utilisée pour la renaturation d'espaces car elle a davantage pour objectif d'assurer la sécurité des futurs usagers plutôt qu'un retour à l'état

[43] Dans la réglementation actuelle, toute terre excavée est assimilée à un déchet (ordonnance n° 2010-1579 de décembre 2010).
[44] Coût de la mise en décharge : 10 euros/tonne pour des déchets de classe III ; 50 euros/tonne pour des déchets de classe II ; 150 euros/tonne pour des déchets de classe.
[45] La plante transforme et relâche certains polluants, essentiellement organiques, sous forme volatile.
[46] Les racines absorbent les polluants présents dans les eaux usées.
[47] La plante et la microflore associée dégradent les polluants, essentiellement organiques, sous forme moins toxique.
[48] CGEDD et CGAAER (2015), « Propositions pour un cadre national de gestion durable des sols », *op. cit.*

initial. Effectivement, la politique nationale en matière de sites et sols pollués définit le niveau de dépollution à atteindre en fonction de l'usage futur. Le principe pollueur-payeur n'est pas appliqué du fait de la difficulté d'identification du pollueur (plusieurs exploitants sur sites, filiales non solvables, difficulté de caractérisation de l'état initial)[49].

Les opérations de dépollution concernent une pluralité d'acteurs : l'État (DREAL) et les structures qui l'accompagnent (Ademe, Ineris, collectivités), les propriétaires des surfaces, des professionnels (bureaux d'études, entreprises de dépollution, bailleurs sociaux, associations, acteurs de la recherche, habitants etc.). La responsabilité du retraitement des friches industrielles revient au maître d'ouvrage. Les collectivités sont peu armées pour mener de vastes opérations de reconversion de sites industriels sur sols pollués. Ce sont des acquéreurs qui les entreprennent. Effectivement, en offrant la possibilité à un porteur de projet de se substituer au dernier exploitant d'une installation classée pour la protection de l'environnement (IPCE) mise à l'arrêt définitif, la loi ALUR leur permet de prendre à leur charge la remise en état du site. Or, les investissements pour la dépollution sont importants, celle-ci ne sera donc mise en œuvre que si l'usage futur de l'espace offre de bonnes perspectives de rentabilité, ce qui n'est pas toujours le cas d'un espace non artificialisé. Ainsi, la requalification[50] d'une friche par exemple est d'autant plus facile que la région est attractive pour de nouvelles entreprises[51]. Dans le cas d'une friche urbaine, la renaturation ne peut pas être rentable si elle ne génère pas des rentes immobilières par la suite[52]. Ainsi, en pratique, si la situation économique n'est pas favorable, les friches restent à l'abandon.

Une dépollution est donc mise en œuvre lors d'un changement d'usage d'un espace que l'on ne désartificialise pas pour autant. Les reconversions réalisées donnent lieu à des espaces verts de nouveaux îlots d'habitation, lieux de vie, lieux d'art, sites de mémoire industrielle ou musée (Académie d'agriculture, 2018).

Finalement, la dépollution comme technique de renaturation des sols n'est pas utilisée pour désartificialiser des espaces mais pour dépolluer des sols artificialisés. Il n'existe pas de modèle économique pour la renaturation des friches et les traitements de dépollution sont choisis en fonction des risques vis-à-vis de la santé et de l'environnement, des usages envisagés ainsi que des coûts et délais de décision et de mise en œuvre.

4.3.2 La renaturation des espaces urbains

Les milieux artificiels subissent des perturbations écologiques. Les villes sont particulièrement concernées et leur renaturation consiste à favoriser le développement de la biodiversité et la production de services écosystémiques in situ afin de limiter les effets négatifs de l'artificialisation. Une recolonisation par les espèces vivantes est possible mais nécessite la présence de sols fertiles et de corridors écologiques.

[49] Decocq C. (2010), *Friches industrielles et pollutions historiques*, rapport de la Mission d'information et d'évaluation, juin.
[50] La requalification comprend les actions de dépollution, de gestion des sols et de gestion des matériaux excavés.
[51] Berthelin J. (coord.) (2018), « La requalification des friches industrielles et urbaines pour préserver les sols agricoles », *Revue de l'Académie d'agriculture*, n° 16, p. 29-56.
[52] Humanité et Biodiversité (2018), *Contribution de la compensation écologique à un modèle économique de renaturation des friches urbaines et périurbaines*, *op. cit*.

La désimperméabilisation

La désimperméabilisation permet de restaurer une hydrographie plus naturelle. Les documents de planification d'urbanisme (SCoT et PLU) prévoient la désimperméabilisation de surfaces déjà aménagées. Elle a vocation à être mise en œuvre sur tout type de surface (voirie, parking, zone d'activités, etc.). La désimperméabilisation peut passer par l'utilisation de matériaux spécifiques pour les voies de circulation. La restauration des sols imperméables requiert des mesures d'ingénierie écologique lourde et ne permet pas de restauration totale des fonctionnalités originelles du sol. Les techniques de désimperméabilisation ont rarement été mises en œuvre car très peu étudiées jusqu'à présent (Tableau 15). Il existe toutefois un appel à projet lancé par l'Ademe (Modeval urbains) dont l'un des trois thèmes majeurs est la désimperméabilisation.

Tableau 15 – Quelques exemples de mise en œuvre de désimperméabilisation

Lieu	Type de sol	Surface	Coût
Saint-Maximin-la-Sainte-Baume (83)	Parking	5 700 m²	350 000 €
Laveyron (26)	Berges	900 m²	242 000 €
Besançon (25)	Friche urbaine	Réduction partielle 70 % à 50 %	350 000 €
Charbonnières-les-Bains (69)	Toiture	-	90 000 €

Source : « Vers la ville perméable. Comment désimperméabiliser les sols », guide technique SDAGE 2017

Des anthroposols construits pour la végétalisation

La végétalisation a été initiée par les gestionnaires d'eaux pluviales afin de récupérer les eaux de surfaces là où les sols étaient imperméabilisés (création de noues, fossés, bassins de rétention des eaux pluviales…). Actuellement, elle s'appuie sur la « reconstitution de sols » qui a recours à des matériaux terreux issus des sols agricoles pour développer ensuite la végétalisation urbaine. Une autre technique, appelée « construction d'anthroposols », a été récemment étudiée et permet de réserver les sols à l'agriculture en recyclant des matériaux technogéniques issus des milieux urbains afin « d'imiter un sol naturel ». Cette technique a fait l'objet d'une étude particulière au cours du programme SITERRE financé par l'Ademe entre 2011 et 2015. Elle peut être utilisée lors de la réhabilitation de sites dégradés[53] ou pour l'aménagement d'espaces de nature en ville. La construction de sol ne peut cependant pas remplacer un sol naturel agricole ou forestier.

Cinq types d'espaces verts présentent des opportunités fortes en matière de sols fertiles végétalisés :

- squares et parcs ;
- accompagnements de voies de circulations ;
- accompagnements de bâtiments publics ;
- espaces naturels aménagés ;
- arbres d'alignement aux formes architecturées et libres.

[53] Friches industrielles, zones de démolition, lagunes, décharges, carrières.

Les pratiques actuelles : la reconstitution de sols

Un anthroposol peut également être appelé anthrosol ou technosol. Les trois termes désignent des sols pour lesquels l'homme est le facteur dominant de genèse, de fonctionnement et d'évolution. Il existe quatre types d'anthroposols différents. Les pratiques actuelles consistent à former un anthroposol « reconstitué », contrairement au procédé étudié au sein du programme SITERRE qui consiste à mettre en place un anthroposol « construit » (Tableau 16).

Tableau 16 – Les différents types d'anthroposols

<table>
<tr><th>Type d'anthroposol</th><th colspan="2">Définition</th></tr>
<tr><td>transformé</td><td colspan="2">Sol d'origine naturelle tellement transformé qu'il n'est plus reconnaissable ou qui présente de nouvelles propriétés qui ne permettent plus son rattachement à d'autres références</td></tr>
<tr><td>artificiel</td><td rowspan="3">Sol entièrement fabriqué par l'homme à la suite d'apport de matériaux…</td><td>… artificiels</td></tr>
<tr><td>reconstitué</td><td>… terreux</td></tr>
<tr><td>construit</td><td>… technogéniques</td></tr>
</table>

Source : France Stratégie

Les pratiques actuelles consistent à recourir à de la terre végétale[54]. Il s'agit souvent des trente premiers centimètres du sol des terres agricoles. Les sols reconstitués sont alors utilisés pour des sols urbains qui sont hétérogènes et peu favorables au développement des racines, pour la mise en place de jardins, parcs et espaces verts. Il existe différents types de sols reconstitués : des mélanges terre-pierres (terre végétale et granulats) ; des terres agricoles décapées ; des granulats de carrière.

Un nouveau procédé : la construction de sols

Les procédés de construction de sols urbains fertiles permettent d'obtenir un sol capable d'accomplir les mêmes fonctions qu'un sol naturel que l'on nomme anthroposol construit. Ces sols construits fertiles permettent ensuite une végétalisation de la ville qui est essentielle pour le développement de la biodiversité. Le succès de la renaturation dépend de la qualité du sol et des fonctions assurées par le sol et par la végétation dont il est le support.

La construction de sol consiste à créer un nouveau sol qui assure un niveau élevé de fonctionnalité (support de végétation, habitat biologique, participation au cycle de l'eau et des nutriments). Le procédé repose sur l'utilisation de sous-produits organiques et minéraux et notamment sur la valorisation de matériaux délaissés ou faiblement valorisés. Il peut s'agir de composts, boues urbaines ou industrielles, cendres d'incinération, terres dépolluées, ou encore de matériaux de démolition. Les matériaux sont associés et mélangés entre eux afin de construire un sol fonctionnel (Figure 27). Les formulations sont choisies en fonction de l'usage auquel doit répondre le futur espace et notamment en fonction de la palette végétale envisagée. Le sol est ensuite construit par superposition de « couches » formant des horizons fonctionnels :

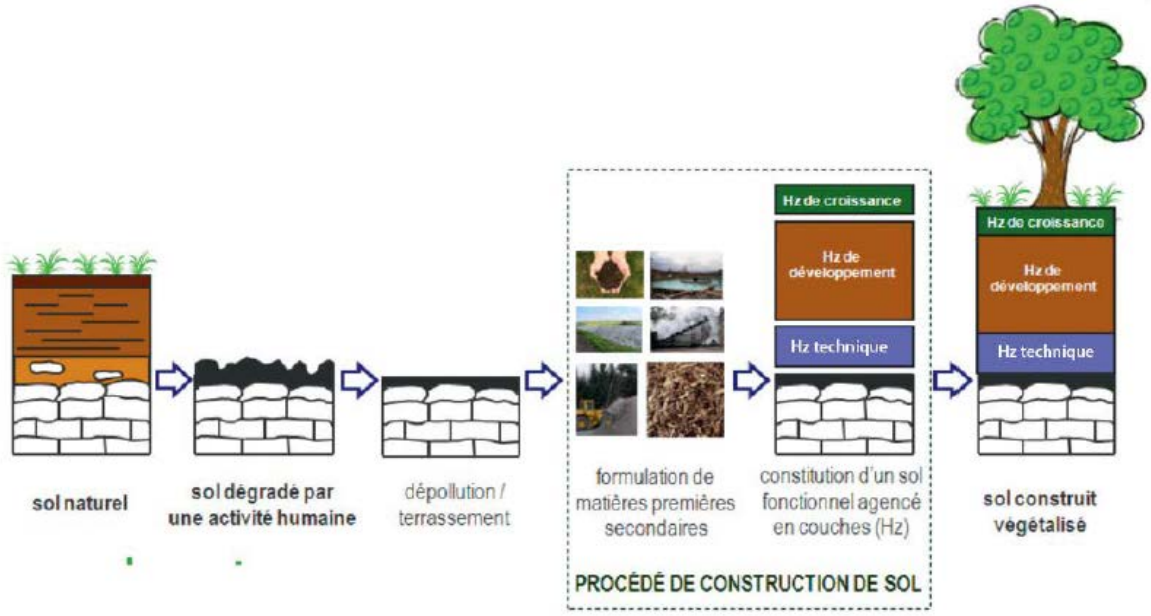
[54] Il s'agit de terre issue d'horizons de surfaces humifères ou d'horizons profonds pouvant être mélangée avec des matières organiques d'origine végétale, des amendements organiques et/ou des matières minérales (norme AFNOR U44-551).

- l'horizon de croissance : couche de surface qui permet la germination et le développement initial de la végétation ;
- l'horizon de développement : couche permettant l'ancrage des racines et l'approvisionnement en nutriments ;
- l'horizon technique : couche aux fonctionnalités supplémentaires comme la fourniture d'eau et le drainage ;
- l'horizon squelette : couche qui présente des propriétés géomécaniques compatibles avec la circulation d'engins.

Les sols construits sont soumis à la pédogenèse mais présentent deux propriétés originales par rapport à un sol « naturel » :

- la cinétique des réactions est rapide (car il existe un déséquilibre entre les matériaux parents anthropiques et l'environnement) ;
- les réactions d'altérations des constituants minéraux du sol construit ont lieu simultanément.

Figure 27 – Construction de sol et refonctionnalisation écologique de sites dégradés



Source : d'après Séré et al.*, 2008, dans la synthèse de l'expertise scientifique collective, INRA-IFSTTAR, 2017*

Analyse de coûts

Dans le cadre du projet SITERRE, les coûts de la filière de construction du sol ont été modélisés pour trois lieux (Angers, Nancy et l'Île-de-France). Pour chacun de ces lieux, les coûts ont été comparés à ceux de la filière traditionnelle. Le Tableau 17 présente les formulations étudiées. Trois types de coûts sont considérés : l'achat des matériaux ; le transport ; le mélange, stockage et analyse.

Tableau 17 – Composition des horizons des sols comparés

	Composition des horizons	
Filière	**Horizon de croissance**	**Horizon squelette**
Traditionnelle	terre végétale	terre végétale, granulats alluvionnaires ou pouzzolane
Construction de sol (SITERRE)	terre excavée, compost	terre excavée, béton concassé, déchets verts broyés

Source : France Stratégie

Selon les hypothèses définies, quelle que soit la localisation étudiée, la filière de construction de sol apparaît toujours moins onéreuse[55] que la filière traditionnelle[56] (Tableau 18). Le gain économique observé pour un sol construit par rapport à un sol reconstitué s'explique par :

- les faibles prix des matériaux de l'horizon de croissance grâce à l'utilisation de terre excavée qui présente des prix négatifs. Le différentiel de prix calculé est le plus fort en Île-de-France où le prix des matériaux est six fois moindre en construction de sol par rapport à la filière traditionnelle ;
- les faibles coûts de transport des matériaux de l'horizon squelette grâce à la proximité des matériaux.

Tableau 18 – Estimation des coûts de production des deux horizons d'un sol construit par rapport à un sol reconstitué (filière traditionnelle) en euros par tonne

		Transport (€/tonne)	Achat matériau total (€/tonne)	Coûts de mélange et de stockage (€/t)	**Coût total (€/tonne)**
Angers					
Construction de sol	horizon de croissance	2,26	-3,88	6,5	**4,88**
	horizon-squelette	1,98	2,56	6,5	**11,04**
Filière traditionnelle	horizon de croissance	7,48	9	6,5	**22,98**
	horizon-squelette	6,04	13,72	6,5	**26,26**
Nancy					
Construction de sol	horizon de croissance	7,51	-3,88	6,5	**10,13**
	horizon-squelette	5,83	2,56	6,5	**14,89**
Filière traditionnelle	horizon de croissance	8,69	9	6,5	**24,19**
	horizon-squelette	36,84	13,16	6,5	**56,5**
Paris/Île-de-France					
Construction de sol	horizon de croissance	6,05	-7,95	6,5	**4,6**
	horizon-squelette	5,17	5,01	6,5	**16,68**
Filière traditionnelle	horizon de croissance	8,6	15,25	6,5	**30,35**
	horizon-squelette	49,75	13,79	6,5	**70,04**

Source : d'après Damas et Coulon, 2016

[55] Notons qu'il s'agit ici uniquement d'une évaluation financière et économique où l'on ne prend pas en compte de potentiels coûts environnementaux qui pourraient être monétarisés.
[56] Les prix moyens (en 2015) de la terre végétale transportée et régalée sur le lieu final d'utilisation (€/m3 HT) ont été évalués par Plante & Cité de 15 euros à 25 euros pour quatre territoires (Angers, Lyon, Paris et sa petite couronne, Rennes). Le coût étant croissant avec la taille de la ville.

Les données d'évaluation des coûts disponibles (Tableau 19) montrent que la renaturation d'un sol artificialisé après dépollution, désimperméabilisation et construction d'un technosol coûte de 95 à 390 euros le m^2, sans compter le coût de déconstruction. Ces chiffres méritent d'être précisés et affinés ; le recensement et l'analyse des projets récents de renaturation devraient permettre d'améliorer la connaissance de ces coûts. Néanmoins, rapportés au prix moyen des terrains constructibles – 130 euros/m2 en juin 2019, oscillant entre 10 euros/m2 dans certaines communes rurales à 610 euros/m2 en région parisienne –, ils suggèrent qu'à ce stade, la renaturation peut être un outil économiquement viable pour les projets ne nécessitant ni dépollution ni désimperméabilisation (friches non polluées et carrières, par exemple).

Tableau 19 – Éléments de chiffrage des coûts de renaturation

Étape du processus	Coût moyen
Déconstruction	65 €/m² dont 35 €/m² de coûts de démolition et 30 €/m² de traitement des déchets*
Dépollution	2 à 65 €/m^2 pour les processus de phytoremédiation
Désimperméabilisation	60 à 270 €/m^2
Construction de technosols	33 à 55 €/m² **

* Ministère de l'Économie, de l'Industrie et de l'Emploi (2010), *Guide relatif à la prise en compte du coût global dans les marchés publics de maîtrise d'œuvre et de travaux*, mai.

** Il faut 3,34 à 3,42 tonnes d'anthroposol pour construire un mètre carré de sol. À partir des coûts pour une tonne d'anthroposol, nous estimons ensuite les coûts par unité de surface. Nous estimons un coût de 33 à 57 €/m² en fonction de la ville considérée et de l'hypothèse retenue.

Source : France Stratégie

Avantages et limites de la filière de construction de sol

La construction de technosol permet de davantage préserver la ressource en sol et de réserver ainsi les terres à l'agriculture. On estime à environ 200 t/ha/an les volumes annuels de terres végétales mises en œuvre pour de nouveaux aménagements d'espaces verts publics. La filière permet également de valoriser des terres sans usages et de recycler des déchets. La ville peut ainsi créer son propre sol dans une perspective d'économie circulaire.

Comme le montre le paragraphe précédent, les sols construits présentent un réel intérêt économique en réduisant le coût lié à l'approvisionnement en terre végétale et en granulats. La filière permet d'ailleurs de répondre au besoin actuel d'alternative pour ces deux matériaux. La production de déchets du BTP est supérieure à la demande en terre végétale, ce qui garantit une disponibilité locale et permet de limiter la consommation de ressources naturelles.

Les multiples possibilités de formulations de sols construits offrent de nombreuses possibilités de substrats « à la carte » pouvant s'adapter à des usages précis d'espaces végétalisés urbains. Toutefois, la filière présente certaines faiblesses et points à améliorer pour sa structuration :

- le prétraitement, la formulation et le stockage nécessitent une emprise foncière ;
- les matériaux déchets sont hétérogènes dans l'espace et dans le temps et leurs caractéristiques physico-chimiques peuvent varier pour un même matériau ;

- le manque de retour d'expérience ne permet pas de caractériser l'évolution des mélanges à long terme. Il n'existe pas d'encadrement réglementaire adapté, ce qui présente un risque de multiplicité des coûts pour garantir l'innocuité environnementale et la traçabilité.

Reconnexion à l'environnement naturel

La renaturation des villes passe également par la mise en place de corridors biologiques (trame verte et bleue). Ceux-ci permettent de restaurer les conditions d'une meilleure résilience écologique en facilitant les cycles de colonisation par des espèces pionnières, secondaires, etc. en tenant compte de leurs besoins et capacités de dispersion. Elle vise à maintenir des espaces naturels, supports de continuités écologiques, qui réduisent la fragmentation des habitats considérée comme l'une des principales causes d'érosion de la biodiversité.

Ces corridors sont des couvertures végétales, des cours d'eau, des zones humides, ils peuvent prendre différentes formes, il existe[57] :

- des corridors linéaires (haies, chemins et bords de chemins, ripisylves, bandes enherbées le long des cours d'eau…) ;
- des corridors discontinus (ponctuation d'espaces-relais ou d'îlots-refuges, mares permanentes ou temporaires, bosquets…) ;
- des corridors paysagers (mosaïque de structures paysagères variées).

Tableau 20 – Exemples de mise en œuvre de construction des sols

Lieu	Projet	État initital	État final	Procédés et techniques	Surface	Durée
Saint Chamans (Bouches-du-Rhône)	Aménagement domaine privé de chasse	Parcelles de garrigue débroussaillées et décapées au-dessus d'un sol superficiel sur calcaire dur fissuré	Sol cultivable avec plantations d'arbres d'agrément, oliviers, cultures à gibier ; bonne fertilité et bonne structuration en quelques années	Décapage du sol de la garrigue ; apports de boues minérales et régalage sur plusieurs années ; apports de MO de type compost de déchets verts non criblé pour avoir des éléments grossiers structurant ces boues limoneuses ; mélange avec engin agricole de type rotavator ou par un labour peu profond	surface totale de 3,7 ha : 26 parcelles de culture	1990 à 2011 ou 1982 à 2015
Luisant, agglomération de Chartres	Remplacement de marronniers dans un alignement	Alignement de 150 marronniers le long de la N10 sénescents dont une grande partie a été abattue en 1996	Plantations de Sophora japonica	Ajout de compost de déchets verts à un mélange terre-pierre présent sur place (granulats de béton recyclés et terre en place type limons de Beauce) ; plantation d'arbres directement dans le mélange ; mise en place végétalisation en pied de l'arbre ; couche bitumineuse non	5m*2,5m*150…	2003 (moins d'un an)

[57] http://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/qu-est-ce-qu-corridor-ecologique

				perméable pour les zones de stationnement		
Valenton (Val-de-Marne)	Aménagement de la troisième tranche de parc de la Plage bleue	Parc	Parc végétalisé	Mise en place de limons sur 30 cm recouverts de 8 cm de résidus verts finement broyés ; décomposition sur place puis enfouissement par un labour rotatif ; semis de luzerne	-	2005
Homécourt (Meurthe-et-Moselle)	Réhabilitation ancienne cokerie	Ancien site de cokerie	Zone végétalisée pérenne sur une partie de l'ancienne friche	Traitement de terres polluées par désorption thermique ; excavation de la zone de remblaiement ; mise en place de matériaux couche par couche (compost de déchets verts, sous produits papetiers, terre dépolluée) ; semis mélange prairial	1 ha	2007 (4 mois)
Iteuil (Vienne)	Réhabilitation ancienne lagune industrielle	Lagune de traitement des eaux usées d'une usine de fabrication de papier (Otor Godard)	Lagune réhabilitée en adéquation avec un environnement naturel protégé : zone humide parfaitement inscrite dans l'unité paysagère de la vallée du Clain	Vidange des eaux surnageantes ; extraction des produits papetiers liquides de la lagune (épandus en agriculture) ; mélange de la fraction pâteuse avec des matériaux terreux ; plantations de saules et de roseaux	-	2007
Villeneuve-sous-Dammartin (Seine-et-Marne)	Reconstitution de sols fertiles à partir de matériaux recyclés	Ancienne carrière de sable	3 usages : arbres d'alignement , cultures, prairies	Test de différents mélanges à partir de 3 types de matériaux (terre des chantiers de démolition, béton recyclé, composts de déchets verts) ; plantations (arbres d'alignement, cultures, prairies)	-	2013 (quelques années)
Taillan-Médoc (Gironde)	Expérimentation du recyclage des sédiments de curage de fossés et noues comme substrat de plantation	-	Alignements végétalisés	Curage de sédiments (entretien hydraulique des noues et fossés) ; ressuyage sur place d'un mois minimum ; mise en place de 2 types de substrats (terre végétale locale ; mélange sédiments de curage avec compost de déchets verts) ; plantations	-	2015

Source : France Stratégie, d'après Damas et Coulon, 2016

4.3.3 Le potentiel renaturable existant

Hiérarchisation des surfaces « techniquement » renaturables

Les sols artificialisés les plus facilement renaturables : les espaces ouverts et non construits

Les potentiels de renaturation des surfaces artificialisées sont variables et peuvent être hiérarchisés. L'IDDRI définit différents niveaux de réversibilité (de 0 à 4) selon le type de terrain. Le niveau minimal 0 correspondant à une « très faible » réversibilité, cas d'un sol construit ou revêtu et le niveau « maximal » 4 correspond à des sols considérés ENAF (Figure 28). Les espaces artificialisés les plus facilement renaturables sont donc les sols présentant un degré de réversibilité moyen ou fort (niveau 2 ou 3). Il s'agit des espaces ouverts non construits ; les carrières, décharges et chantiers représentant les sols au plus fort degré de réversibilité.

Figure 28 – Indicateurs de réversibilité selon le type de terrain

Degré de réversibilité	Caractéristiques
0 – très faible	Terrain construit ou revêtu en zone urbaine dense
1 – faible	Terrain construit ou revêtu en zone peu dense, nécessitant peu de déconstruction (production d'eau ou d'énergie, entreposage à l'air libre...)
2 – moyenne	Espaces ouverts artificialisés
3 – forte	Carrières, décharges, chantiers
4 – maximale	Espaces naturels ou semi-naturels, espaces agricoles

Source : IDDRI, 2017

En 2014, 5 484 019 hectares sont artificialisés (données Teruti-Lucas). Au sein de ces surfaces, les sols les plus facilement renaturables représentent 1 725 183 ha (Tableau 21). Leur renaturation ne nécessite pas de déconstruction ou de désimperméabilisation étant donné qu'il s'agit de sols enherbés ou nus, non construits et non revêtus.

Tableau 21 – Surfaces des différents types d'espaces artificialisés en fonction de leur degré de réversibilité (données 2014)

Type d'occupation	Surface (ha)	Degré de réversibilité	Surface (ha)
Volumes construits bas	841 292	0 - 1 (très faible ou faible selon la densité de la zone)	3 379 089
Volumes construits hauts	81 694		
Sols de forme aréolaire revêtus ou stabilisés	841 322		
Sols de forme linéaire revêtus ou stabilisés	1 614 781		
Sols enherbés artificialisés	1 582 960	2 - 3 (moyenne ou forte si carrière, décharge ou chantier)	**1 725 183**
Sols nus artificialisés	142 223		

Note de lecture : les surfaces les plus facilement renaturables du point de vue technique représentent 1 725 183 ha (surfaces artificialisées ouvertes).

Source : France Stratégie

Différents usages qui restreignent la disponibilité de ces surfaces

Les sols ouverts artificialisés ont cependant des usages qui excluent leur possibilité de renaturation. 1 131 120 hectares de sols nus enherbés sont comptabilisés dans l'usage « habitat » : cela correspond à l'ensemble des jardins privés (Tableau 23).

Tableau 22 – Surfaces des sols moyennement ou fortement réversibles

	Type d'utilisation								
Type d'occupation	Agriculture - productions végétales et élevage	Agriculture - autres activités	Activités industrielles	Réseaux routiers	Autres transports	Services publics	Autres services	Sports et loisirs	Habitat
Sols enherbés artificialisés (ha)	1 773	3 144	**20 952**	90 021	35 091	75 293	24 906	200 660	1 131 120
Sols nus artificialisés (ha)		179	**45 259**	25 511	14 043	7 116	24 844	10 164	15107

Source : France Stratégie

Ainsi, la plupart des surfaces « techniquement » renaturables ne sont pas disponibles. Finalement, les sols réellement disponibles pour la renaturation parmi les sols facilement renaturables du point de vue technique sont ceux qui ne sont plus utilisés, qui sont abandonnés et que l'on qualifie de friches.

Les friches, surfaces renaturables et disponibles : estimation de stocks

Différents types de friches : des difficultés variables pour la renaturation

Les espaces qui pourront être renaturés sont les anciens sites qui ne sont plus utilisés et dont l'usage futur n'est pas encore planifié. Il s'agit donc d'une partie des friches que l'Insee définit comme « un espace bâti ou non, anciennement utilisé pour des activités industrielles, commerciales ou autres, abandonné depuis plus de deux ans et de plus de 2 000 m² ». Il existe différentes définitions du terme friche, mais celles-ci font toujours référence à une activité terminée (Tableau 23).

Tableau 23 – Typologie des friches

Type de friche	Ancien usage	Localisation	Freins à la renaturation	Atouts pour la renaturation
Industrielle	site d'activité industrielle ou artisanale	zones industrielles	pollution, présence de bâti	hors des marchés fonciers et immobiliers (pollution)
Militaire	casernes et terrains de manœuvre	cœur d'agglomération	présence de bâti, potentielles pollutions	très grands espaces
Commerciale	centres commerciaux	milieu urbain en périphérie des villes	bâtis	
Habitat	logements à abandon prolongé	Est et Nord de la France	bâtis	
Autres dites "friches urbaines"	médical, touristique, artistique, artisanale, portuaire, ferroviaire	espaces urbains		

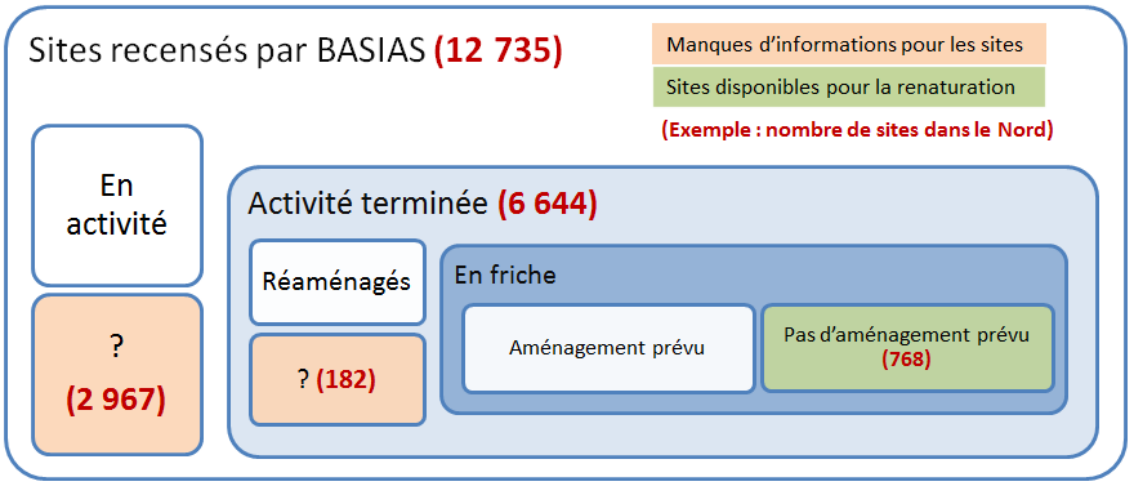
Source : France Stratégie

Estimations du nombre de friches disponibles pour la renaturation

Des sites renaturables disponibles pour les départements les plus consommateurs d'ENAF

Le nombre et la surface des friches en France sont très incertains. Il semblerait selon certains articles qu'il y ait entre 200 000 et 300 000 sites en friches[58] ou sites abandonnés[59]. Différents inventaires recensent les espaces en friche[60]. L'inventaire BASOL recense 6 798 sites pollués en 2018 « appelant à une action des pouvoirs publics » et en 2018, l'inventaire BASIAS[61] recense 300 000 sites « susceptibles d'engendrer des pollutions, en activité ou abandonnés ». Les sites disponibles pour la renaturation sont ceux dont l'activité est terminée, qui sont en friche et pour lesquels aucun projet d'aménagement n'est prévu (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Figure 29 – Positionnement des sites renaturables dans l'organisation de la base de données utilisée (BASIAS)



En sélectionnant les sites selon ces critères, nous pouvons estimer le nombre de ceux qui sont renaturables par département. Le nombre de sites est une information très incomplète pour estimer le stock disponible pour la renaturation, mais les surfaces par site sont très rarement disponibles. Les huit départements les plus consommateurs d'ENAF entre 2006 et 2016 (> 5 500 hectares), et qui ont donc le plus besoin de surfaces renaturables[62], possèdent tous des sites disponibles pour la renaturation (de 61 sites en Gironde à 768 pour le département du Nord) (Tableau 24).

Un stock sous-estimé du fait de lacunes de la base de données

Cependant, au sein de la base de données, l'état de nombreux sites n'est pas renseigné. Pour certains, nous ne connaissons pas l'activité (encore en activité ou activité terminée), et pour une partie des sites dont l'activité est terminée, nous ne disposons pas d'informations

[58] https://journals.openedition.org/vertigo/3812 ;
[59] www.latribune.fr/opinions/tribunes/20140320trib000821076/friches-industrielles-les-avancees-de-la-loi-duflot.html
[60] [60] Berthelin J. (coord.) (2018), « La requalification des friches industrielles et urbaines pour préserver les sols agricoles », *op. cit*.
[61] http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/basias/donnees/resultats?dept=77&activites=B,C,V#/
[62] La compensation écologique définie par la séquence ERC impose une proximité géographique entre le lieu du dommage et le site de compensation.

sur leur état actuel (en friche ou réaménagé). Parmi l'ensemble de ces sites, il est possible que certains soient en friche et qu'ils soient donc renaturables. Étant donné leur nombre important, le nombre de sites renaturables par département est probablement sous-estimé. La part incertaine « variable » a pour valeur maximale le nombre de sites dont l'activité est terminée mais dont on ne connaît pas l'état (dernière colonne du tableau 24).

Tableau 24 – Nombre de sites en friche et dont l'état est inconnu pour les départements les plus consommateurs d'ENAF[63] à partir de BASIAS

Département	Nombre de sites…				
	Au total dans la base de données	Dont l'activité est terminée	État de l'activité non renseigné	**En friche (sans projet d'aménagement)**	Activité terminée mais dont on ne connaît pas l'état (en friche, réaménagé) et sans projet d'aménagement
Finistère	3 800	2 537	282	**182**	718
Gironde	4 184	1 827	1 609	**61**	1 570
Haute-Garonne	6 735	2 659	1 648	**191**	560
Île-et-Vilaine	3 518	2 875	0	**275**	702
Morbihan	3 217	2 426	2	**369**	113
Nord	12 735	6 644	2 967	**768**	182
Seine-Maritime	4 869	2 049	813	**265**	12
Vendée	3 208	1 610	86	**98**	377

Note de lecture : la base de données BASIAS recense 3 800 sites dans le Finistère. 2 537 de ces sites ne sont plus en activité, dont 182 en friche (disponibles pour la renaturation). Pour 282 sites du département, les informations ne sont pas disponibles et pour 718 sites dont l'activité est terminée, l'état est inconnu.

Source : France Stratégie

Un stock variable au cours du temps

Le nombre de friches est en augmentation dans certains endroits[64]. Selon l'usage choisi, les futures friches peuvent augmenter le stock disponible de surfaces renaturables. L'étude des carrières françaises permet également de mettre en évidence de potentielles évolutions du stock de surfaces renaturables. Techniquement, elles constituent des surfaces « facilement » renaturables. En France, on recense 4 208 carrières en activité. Celles-ci, « indispensables pour les infrastructures routières, l'activité industrielle et la construction ou l'entretien de notre patrimoine bâti » [65] ne constituent actuellement pas des surfaces disponibles pour la renaturation. Seules les anciennes mines participent au stock de surfaces renaturables. Toutefois, il existe des schémas départementaux des carrières et ceux-ci précisent notamment les dates d'échéances des autorisations[66]. Ainsi, dans le cas

[63] Départements les plus consommateurs d'ENAF entre 2006 et 2016 (source JULIA VOIR ANNEXE).
[64] Le nombre de friches industrielles en Île-de-France a doublé entre 1993 et 1998 et aurait atteint une superficie de 653 hectares en 1998. https://www.lesechos.fr/1999/12/le-nombre-des-friches-industrielles-a-double-en-cinq-ans-dans-la-region-parisienne-783333.
[65] Portail français des ressources minérales non énergétiques : http://www.mineralinfo.fr/ecomine/carte-carrieres-francaises-en-activite-disponible.
[66] Les schémas départementaux des carrières recensent un certain nombre d'informations dont le nombre de carrières, les superficies autorisées, les types de matériaux extraits et les tonnages ainsi que le type de réaménagements prévus.

où les autorisations ne sont pas renouvelées, ces carrières peuvent constituer un stock futur de surfaces renaturables. Dans l'exemple du département du Finistère, en faisant l'hypothèse qu'au terme de toutes les autorisations, les carrières sont dédiées à la renaturation, nous estimons un gain de surfaces renaturables de 760 hectares entre 1999 et 2027 (Tableau 25). Les registres sont cependant anciens, ce qui ne permet pas d'obtenir une visibilité à très long terme (jusqu'à 2027 au maximum pour le département du Finistère[67]). Il est par ailleurs fort probable qu'une partie de ces carrières aient été renouvelées ou converties à d'autres usages que la renaturation, ce qui signifie que notre stock est surestimé.

Tableau 25 – Surfaces renaturables potentielles grâce aux carrières dans le Finistère

	Surfaces de carrières arrivant à date d'échéance dans le Finistère				Gain de surfaces renaturables potentielles dans le Finistère (ha)	
Année	**Brest**	**Chateaulin**	**Morlaix**	**Quimper**	**Par année**	**Cumulées**
1999		5			5	**5**
2000					0	**5**
2001			3,5		3,5	**8,5**
2002			6		6	**14,5**
2003					0	**14,5**
2004					0	**14,5**
2005		31		42	73	**87,5**
2006			13	8	21	**108,5**
2007				10	10	**118,5**
2008					0	**118,5**
2009					0	**118,5**
2010					0	**118,5**
2011			11	2	13	**131,5**
2012				3	3	**134,5**
2013					0	**134,5**
2014	59		16	29	104	**238,5**
2015			14	30	44	**282,5**
2016	13	20		41	74	**356,5**
2017					0	**356,5**
2018	85			40	125	**481,5**
2019				22	22	**503,5**
2020		71	37	12,5	120,5	**624**
2021	55				55	**679**
2022					0	**679**
2023	13				13	**692**
2024					0	**692**
2025					0	**692**
2026	55,9				55,9	**747,9**
2027		12,6			12,6	**760,5**

Source : France Stratégie

[67] http://www.bretagne.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/carriere_schema29_A_cle092e15.pdf

4.4 Contribution de la renaturation à l'atteinte de l'objectif zéro artificialisation nette

4.4.1 Réduction des impacts négatifs

La renaturation des milieux urbains en intégrant de la nature en ville peut permettre de réduire certains impacts négatifs de l'artificialisation comme la lutte contre les îlots de chaleur, l'amélioration du bien-être des habitants, etc. La présence d'une couverture végétale dans un tissu de sol imperméable permet de limiter les effets négatifs sur l'environnement. La construction d'anthroposols fertiles, en permettant la végétalisation de la ville, peut être un levier pour réduire les impacts négatifs de l'artificialisation. Trois leviers sont à prendre en compte pour limiter les impacts[68] :

- la nature des perturbations et le type de couverture du sol ;
- le positionnement des sols artificialisés dans la trame urbaine ;
- le type d'activités sur les sols artificialisés (habitat, activité économique, infrastructure de transport).

Les instruments sont ensuite à adapter en fonction de ces trois dimensions. La mise en place de corridors écologiques, la construction de technosols fertiles mais également la refonctionnalisation de sols imperméabilisés participent à la réduction des impacts négatifs de l'artificialisation. La loi 2016 de reconquête de la biodiversité impose par exemple la perméabilisation de tout nouveau parking à construire.

4.4.2 La renaturation comme mesure compensatoire

Dans le cas de l'artificialisation, la compensation écologique vise à renaturer à hauteur de ce qui est artificialisé. D'après l'article L 163-1 du code de l'environnement, la compensation doit viser un gain avec une obligation de résultat. Pour compenser un impact négatif sur la biodiversité par exemple, les mesures mises en œuvre ont pour objectif l'absence de perte nette voire un gain de biodiversité. La compensation écologique appartient à la séquence éviter, réduire, compenser (ERC) et constitue la dernière étape après les mesures d'évitement et de réduction.

La compensation repose sur le principe d'équivalence écologique : les impacts identifiés doivent exactement être compensés. Les mesures compensatoires sont les actions assurant les gains écologiques au moins équivalents aux pertes subies dans l'aire où l'aménagement est effectué. Elles doivent être effectives pendant la durée des impacts et doivent apporter une plus-value écologique par rapport à l'état initial du site de compensation. Il peut s'agir de restauration de milieux naturels dégradés comme les zones humides et les milieux ouverts ou un changement de pratiques en milieu agricole. La loi fixe la responsabilité de la réussite des mesures compensatoires au maître d'ouvrage. Les mesures compensatoires peuvent prendre trois formes : une réalisation directe, un contrat opérateur de compensation ou l'achat d'unités de compensation.

[68] Desrousseaux M. et Schmitt B.(2018), « Réduire l'impact de l'artificialisation des sols », *L'Économie politique*, n° 78, p. 54 à 68, février.

Actuellement, il n'existe cependant aucun mécanisme destiné à compenser spécifiquement les effets sur l'environnement de l'artificialisation ou ses effets en France. Pour compenser l'artificialisation de certains espaces, il faudrait donc en désartificialiser d'autres. Or, la renaturation permet de désartificialiser uniquement lorsque la surface artificialisée n'est pas imperméabilisée. Cela concerne principalement des friches, c'est pourquoi nous nous intéressons ici à leur renaturation comme potentiel outil de compensation de l'artificialisation pour atteindre l'objectif de zéro artificialisation nette. Les mesures compensatoires ne peuvent cependant pas se substituer aux mesures d'évitement et de réduction d'impacts.

Au-delà des limites que nous avons soulignées concernant la dépollution des friches industrielles, l'application de la compensation écologique à la renaturation de ces espaces soulève certaines difficultés. D'abord, l'équivalence écologique est difficile à évaluer. On ne peut pas clairement déterminer dans quel cas la renaturation est équivalente à la destruction car cela nécessite d'en identifier les effets. Or l'évaluation d'impact ne se fait pas du point de vue pédologique[69]. Les mesures compensatoires ont une durée, il n'y a pas de visibilité sur le devenir du site au-delà, lorsque les mesures sont terminées. Les coûts et avantages de la mise en place de la mesure de compensation ne concernent pas les mêmes populations. Enfin, dans le cas des friches urbaines, il n'existe pas encore de marché de la compensation écologique. Il est difficile de mettre en œuvre cette compensation en milieu urbain du fait des prix du foncier, des coûts des études de diagnostic, d'aménagements, de génie écologique et de gestion d'espace. Les mesures peuvent être en contradiction avec des objectifs de densification urbaine. Si la renaturation du site conduit à sa fermeture aux habitants[70], il y a également un risque de conflit social[71].

Finalement, la renaturation de friches permettrait théoriquement de faire de la compensation, mais elle présente un certain nombre de difficultés pour sa mise en œuvre.

En résumé

Une renaturation des sols visant à les désartificialiser et à les faire revenir à leur état initial pourrait théoriquement permettre de « compenser » l'artificialisation de certains espaces. Ainsi, réduire le nombre d'ENAF artificialisés – et donc réduire l'artificialisation brute – et renaturer une partie des terres artificialisées permettrait d'atteindre en théorie le ZAN.

²renaturation des sols peut être définie comme l'ensemble des processus permettant de ramener un sol dénaturé, c'est-à-dire ayant subi des perturbations, à un état proche de son état naturel initial. C'est un processus très long au regard des dégradations qu'il peut subir.

Les sols artificialisés peuvent être soumis à diverses contaminations, c'est-à-dire à la présence anormale de produits potentiellement dangereux dans le milieu. Les polluants les plus souvent observés au sein des sols artificialisés sont les

[69] Desrousseaux M. et Schmitt B.(2018), « Réduire l'impact de l'artificialisation des sols », *ibid.*
[70] La fermeture est nécessaire si l'on veut un auto-entretien de l'espace sans intervention humaine.
[71] Humanité et Biodiversité (2018), *op. cit*.

hydrocarbures, métaux et hydrocarbures volatils non chlorés. Plus spécifiquement, on observe une très forte teneur en zinc et en plomb dans les sols urbains par rapport aux sols non artificialisés. Les sols non imperméabilisés peuvent également être soumis à des pollutions, ce qui entraîne un risque pour les consommateurs et les populations sensibles dans le cas où ces espaces sont utilisés pour des productions végétales. Le degré d'imperméabilisation, le degré de perturbation et la position (dans la trame urbaine, écologique, dans le bassin hydrologique ou dans le paysage rural) du sol artificialisé sont déterminants pour les impacts environnementaux de l'artificialisation.

Renaturer un sol artificialisé nécessite, chronologiquement : i) une déconstruction ; ii) une dépollution ; ii) une désimperméabilisation ; iv) la construction de technosols indispensables à la végétalisation ; v) enfin une reconnexion fonctionnelle aux écosystèmes naturels environnants. Une renaturation partielle des milieux urbains peut permettre de réduire certains impacts négatifs de l'artificialisation, comme les îlots de chaleur. Les coûts des étapes de la renaturation sont difficiles à évaluer, dépendants de l'importance de la transformation initiale des sols artificialisés. Très peu de projets de renaturation ont été identifiés à ce jour. La quantification des gisements de terres renaturables et des coûts des différents processus de renaturation sont de ce fait délicats.

Parmi les terres les plus facilement renaturables, les friches industrielles *a priori* constituent des candidats intéressants. Il n'existe cependant pas de données centralisées concernant le nombre et les surfaces totales de ces friches. Les anciens sites industriels pollués font l'objet d'un recensement. La renaturation préférentielle de ces espaces artificialisés pourrait constituer une voie intéressante d'étude.

Les données des fichiers fonciers permettent de recenser les changements de déclaration d'occupation des sols de parcelles d'une année sur l'autre. Ces changements d'affectation correspondent notamment à des reclassements de terrains à bâtir en espaces naturels ou agricoles. Ils représentent entre 1 800 et 4 800 ha par an.

5 Des trajectoires d'atteinte du « zéro artificialisation nette »

5.1 Un premier modèle explicatif

5.1.1 Une description du modèle

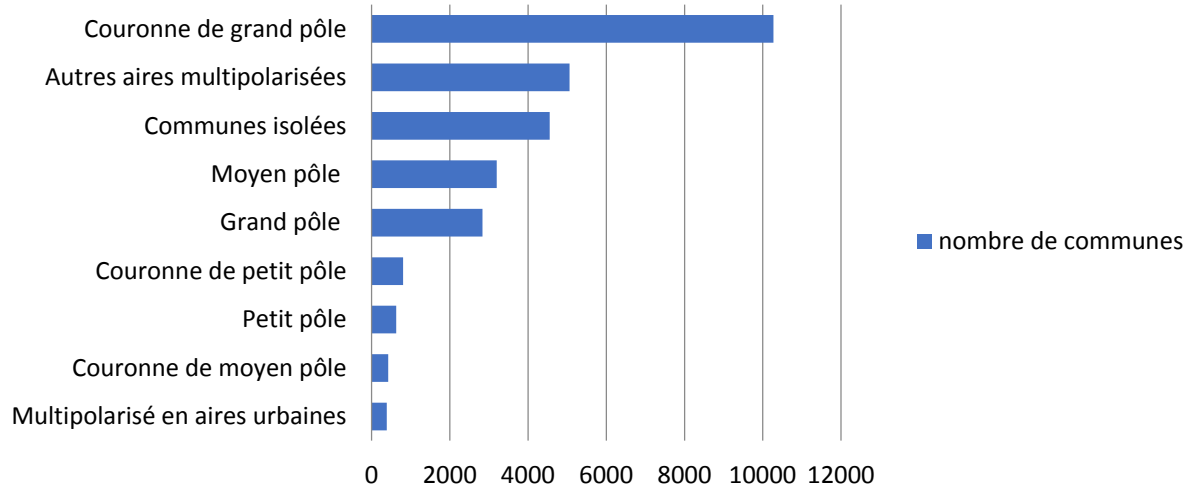
Le Commissariat général au développement durable du ministère de la Transition écologique et solidaire a développé un modèle économétrique permettant d'analyser la consommation d'ENAF en France et son évolution à l'échelle de la commune. Ce modèle utilise pour ce faire les données du CEREMA (fichiers fonciers) de consommation annuelle d'espaces naturels agricoles et forestiers de l'année 2006 à 2015, enrichies des données Sit@del du

secteur de la construction qui remontent à l'année 1991. Il s'agit ainsi d'observer l'artificialisation sur une longue série temporelle. La normalisation de la part de la surface artificialisée cadastrée en fonction de la superficie permet de comparer les communes entre elles. Au total, 28 168 communes françaises sont représentées dans ce modèle.

Les communes ont été classées en neuf catégories à partir du zonage en aire urbaine 2010 de l'Insee :

- commune appartenant à un grand pôle (10 000 emplois ou plus) ;
- commune appartenant à la couronne d'un grand pôle ;
- commune multipolarisée de grandes aires urbaines ;
- commune appartenant à un moyen pôle (5 000 à moins de 10 000 emplois) ;
- commune appartenant à la couronne d'un moyen pôle ;
- commune appartenant à un petit pôle (de 1 500 à 5 000 emplois) ;
- commune appartenant à la couronne d'un petit pôle ;
- autre commune multipolarisée ;
- commune isolée hors influence des pôles.

Figure 30 – Effectif des communes représentées dans le modèle par aire urbaine



Source : France Stratégie

Tout d'abord, la surface construite commencée totale (SC_{tot}) par commune a été modélisée par régression log-linéaire (modélisation GLM), les variables explicatives retenues étant :

- en termes de démographie :
  - la population de la commune (stock) ;
  - la variation de la population de la commune ;
  - la taille moyenne des ménages ;
- en termes géographique et d'aménagement du territoire :
  - l'existence ou non d'un plan de prévention des risques naturels (PPRN) ;

  - l'inscription dans un parc naturel régional ;
  - l'appartenance à une commune Loi littoral ;
  - l'appartenance à une zone de montagne ;
  - la taille de l'unité urbaine (0 -100 000 habitants ; 100 000-500 000 ; 500 000-1M ; 1M-3M ; plus) ;
  - la part de la surface communale artificialisée cadastrée sur la surface totale ;
- en termes d'activité économique :
  - le niveau de vie (médiane du revenu fiscal par unité de consommation) ;
  - la variation du niveau de vie ;
  - les emplois au lieu de travail dans la commune (stock) ;
  - la variation des emplois au lieu de travail dans la commune (flux) ;
  - la part des emplois au lieu de travail dans le secteur agricole ;
  - le nombre d'hébergements d'accueil touristiques ;
  - le montant de la dotation globale de fonctionnement par habitant ;
  - le prix des terres et prés libres de plus de 70 hectares ;
- en termes d'accessibilité et de mobilité :
  - le temps d'accès au pôle le plus proche ;
  - la présence d'une gare sur la commune.

Le modèle présente un coefficient de corrélation $R^2 = 0.885$. Il permet d'estimer pour la période 2007-2015 une surface construite totale de 65,35 millions de mètres carrés pour l'ensemble des 36 877 communes françaises, alors que les données enregistrées dans les fichiers fonciers recensent sur la période une surface construite totale de 60,04 millions de mètres carrés. Ces éléments laissent à penser que la modélisation de la surface construite tendancielle est suffisamment robuste pour être utilisée pour la construction de scénarios.

Ce travail de traitement de données et de modélisation permet par ailleurs de projeter la surface de construction dans les années à venir et d'effectuer des scénarios de réduction de la consommation d'ENAF à l'horizon 2050. Les scénarios s'appuient pour cela sur différentes hypothèses. Les taux de croissance annuels moyens de la démographie et de la taille des ménages sont basés sur les projections de la population de l'Insee. Afin d'évaluer le tourisme par habitant par année, le CGDD a calculé la différence d'indice du nombre de chambres par habitant par commune entre 2007 et 2015 et a prolongé la tendance jusqu'à 2033. Les projections de la part d'emplois dans le secteur agricole sont obtenues également en prolongeant la tendance des taux de croissance annuels moyens afin d'atteindre une part moyenne de 25 % en 2030. Enfin les variables de niveau de vie, niveau d'emploi et la part artificialisée suivent la tendance actuelle. Les autres variables restent inchangées. Cette évaluation conduit à estimer la surface commencée à 56,3 millions de mètres carrés en 2030 et 63,9 millions de mètres carrés en 2050.

Ensuite, afin de proposer des trajectoires d'évolution de l'artificialisation, nous avons estimé la consommation d'espaces en utilisant l'équation ci-dessous, proposée par le CEREMA[72] :

$$C = \frac{S \times (1 - R)}{D}$$

Avec : C : consommation d'espace naturel, agricole et forestier

S : surface construite commencée totale en m² construits sur la période considérée

R : taux de renouvellement urbain correspondant à la proportion de surface construite sur des parcelles déjà construites : $\frac{Nombre\ m^2 renouvelés}{Nombre\ de\ m^2 construits\ au\ total}$

D : densité de nouvelles constructions correspondant au nombre de mètres carrés construits sur la surface totale de la parcelle considérée

Cette équation permet ainsi d'estimer la réduction de consommation d'espaces (ha) en fonction de trois principaux leviers de réduction : i) la diminution de la construction ; ii) l'augmentation du renouvellement urbain ; iii) l'augmentation de la densité de construction des opérations. Le choix d'un indice de densité n'est pas simple dans la mesure où de nombreuses approches existent selon le point de vue (ex : le ressenti des habitants, les questions paysagères, les questions de consommation d'espace et de planification). Ici le choix de cet indice correspond à l'approche des aménageurs et promoteurs qui raisonnent en surface définie de foncier en m² par hectare. La densité dans cette équation est nette, c'est-à-dire hors voirie et espaces publics pour des raisons techniques liées aux données. En moyenne nationale, la densité était de 0,16 de 2006 à 2016. Une étude sur neuf grands territoires des Hauts-de-France permet d'estimer une croissance annuelle de 3,3 % entre 2004 et 2016 de densité pour l'habitat. Cet effort semble être à la hausse ces dernières années bien qu'il ne semble concerner que l'habitat et non le foncier commercial.

Le taux de renouvellement moyen est aujourd'hui d'environ 43 % selon l'Insee (Albizzati *et al.*, 2017) et serait en augmentation bien qu'il soit difficile de le mesurer avec une méthode fiable.

5.2 Quelques trajectoires

En utilisant les sorties du modèle du CGDD et l'équation du CEREMA, il est ainsi possible de réaliser des scénarios d'artificialisation en faisant varier certaines variables du modèle et de l'équation.

5.2.1 Un scénario tendanciel catastrophique

Si aucune mesure n'est prise, le scénario tendanciel montre qu'en 2030, plus de 20 000 hectares de terres cadastrés seraient artificialisés chaque année contre 18 700 aujourd'hui. Ainsi, en suivant ce scénario, cela conduirait à artificialiser d'ici 2030 environ 288 000 hectares de plus qu'en 2016, au titre du seul bâti. Les conséquences de la non-action sont d'autant plus dramatiques pour les communes les plus rurales et isolées. Selon le modèle, en 2023, seront artificialisés dans les communes isolées 330 ha² dans l'année. Ce chiffre passerait à 800 ha en 2030, soit environ 2,5 fois plus en moins de dix ans.

[72] Les différences entre les résultats obtenus en utilisant cette formule et les chiffres de consommation d'ENAF rapportés aux surfaces planchers mis en construction pour la période 2006-2015 s'expliquent notamment par le décalage dans le temps entre la date de dépôt du permis de construire et la consommation réelle d'ENAF.

5.2.2 L'importance de la densification

L'augmentation de la densité et du taux de renouvellement urbain pourraient néanmoins réduire drastiquement la consommation d'ENAF. Dans le scénario « densification modérée », le taux de renouvellement urbain augmente de 0,42 à 0,5 et la densité de 0,16 à 0,3 en 2030, de manière linéaire, ce qui représente une économie d'environ 11 000 hectares de terres non artificialisées sur une année en 2030 (Tableau 26). Le scénario « densification forte » propose de durcir encore davantage les conditions de construction avec un taux de renouvellement de 0,6 et une densité de 0,4. Cet effort permettrait de réduire de 75 % le rythme d'artificialisation en 2030 en comparaison au scénario tendanciel. Ce résultat met en lumière la part non négligeable qu'une politique d'urbanisme favorisant la densification de l'habitat et limitant l'étalement urbain pourrait jouer dans la lutte contre l'artificialisation.

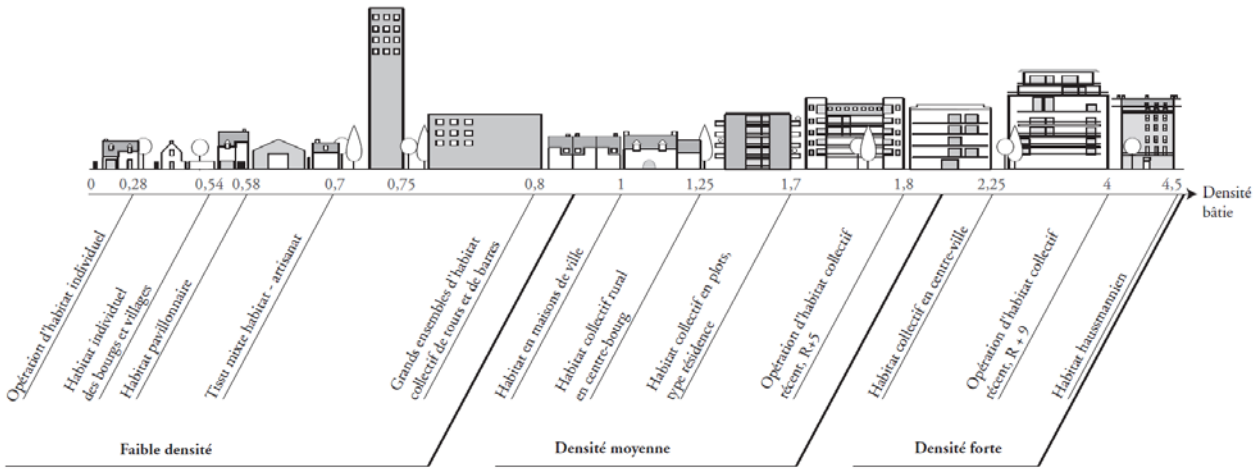
Concrètement, augmenter la densité des constructions de 0,16 à 0,3 revient par exemple à rehausser les constructions de plain-pied existantes d'un étage afin de doubler la surface de plancher. L'effet d'une augmentation du taux de renouvellement urbain sur la densité de construction des zones déjà artificialisées est relativement faible. Ainsi, l'augmentation progressive de ce taux de 0,43 à 0,60 en 2030 n'aurait pas d'effet sur la densité moyenne de construction sur les zones déjà artificialisées par rapport au scénario tendanciel à horizon 2030. À horizon 2050, le maintien d'un taux de renouvellement urbain à 0,6 entraînerait une hausse de 0,1 point de la densité de construction sur les zones déjà artificialisées (à 0,18 contre 0,17 dans le scénario tendanciel).

Aujourd'hui, la densité de construction pour le bâti existant varie en moyenne en France entre 0,08 et 0,17 pour l'habitat individuel et entre 0,48 et 1,18 pour l'habitat collectif en fonction des régions étudiées selon le Cerema. En Île-de-France, elle est de 0,4[73]. Cette moyenne cache cependant une très grande diversité de densités, comme l'a montré en 2005 l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France[74], allant de 0,28 pour des lotissements d'habitat pavillonnaire à Saint-Nom-la-Bretèche (Yvelines) à 0,75 pour des ensembles d'habitats collectifs à La Courneuve (Seine-Saint-Denis) jusqu'à 4 pour des immeubles haussmaniens du cœur de Paris.

En termes de formes urbaines, un taux de densité de 0,3 ou 0,4 correspond à celui observé pour un habitat individuel au sein de bourgs ou de villages (Figure 31). Néanmoins, le passage d'un taux de densité moyen à l'échelle nationale de 0,16 à 0,3 impliquerait de tenir compte de la forte variabilité des taux de densité observés aujourd'hui entre communes mais également au sein des communes, en fonction du type de construction[75]. Ainsi, des exemples de logements collectifs correspondant à des taux de densité faibles, de l'ordre de 0,4, peuvent être observés dans certaines collectivités locales.

[73] Cerema (2014), *Indicateurs de consommation d'espaces. Phase 2 : Calcul d'indicateurs nationaux*, mars
[74] Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France (2005), « Appréhender la densité. 3) Formes urbaines et densité », *Note rapide sur l'occupation du sol*, n° 384, juin.
[75] Des exemples de logements collectifs correspondant à des taux de densité faibles, de l'ordre de 0,4, peuvent être observés dans certaines collectivités locales. Voir Roustan F. *et al.* (2009), *ID de villes. Densité & Formes urbaines*, AGAM (Agence d'urbanisme de l'agglomération marseillaise), étude, juillet.

Figure 31 – Typologie des formes urbaines en fonction du taux de densité observé



Source : Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France (2005), « Appréhender la densité. 3) Formes urbaines et densité », op. cit.

De tels objectifs sont accessibles avec un renforcement strict des règles d'élaboration des PLU, par exemple l'imposition d'un coefficient d'occupation des sols (COS) minimal aux nouvelles constructions et l'obligation d'avoir atteint un niveau minimal de renouvellement urbain avant de délivrer des permis de construire sur des zones non artificialisées.

Tableau 26 – Principaux résultats des différents scénarios testés

Scénarios	Cible de taux de renouvellement urbain en 2030	Cible de densité de construction en 2030	Taux de vacance des logements à l'échelle nationale	Multiplication du prix des terres libres par rapport à 2016	Consommation ENAF (hors pertes liées aux infrastructures)* (en ha)		
					En 2025	En 2030	Prolongation de la tendance jusqu'en 2050
Tendanciel	0,43	0,16	8 %	inchangé	19 400	20 000	22 700
Densification modérée	0,5	0,3	8 %	inchangé	11 600	9 200	3 700
Densification forte	0,6	0,4	8 %	inchangé	8 200	5 500	1 100
Densification forte / renchérissement des terres libres	0,6	0,4	8 %	x3	7400	4700	700
Densification forte / renchérissement des terres libres / réduction de la vacance	0,6	0,4	6 %	x5	6200	3700	400

Source : France Stratégie

5.2.3 Des leviers complémentaires aux effets limités

Des hypothèses complémentaires ont été testées dans cet exercice de modélisation. Un renchérissement du prix des terres libres pour aligner le prix des terres agricoles françaises sur celui de pays comme le Royaume-Uni ou l'Allemagne induit des réductions de consommation d'ENAF supplémentaires d'environ 1 400 hectares en 2030 par rapport au

scénario de densification de la construction. Une diminution du taux de vacance des logements de 2 % conduit pour sa part à une réduction de consommation d'ENAF de 1 200 hectares par rapport au scénario tendanciel. La mise en œuvre concrète de ces deux hypothèses paraît cependant difficile, pour un effet limité en termes de réduction de la consommation d'ENAF. Il serait préférable de privilégier les mesures de densification des constructions.

5.3 De nombreuses limites

L'interprétation des résultats reste limitée dans la mesure où ceux-ci sont calculés à partir d'une modélisation et d'une simple équation. Ces exercices ayant pour but de décrire au mieux la réalité sont confrontés à de nombreux biais qu'il serait naïf de ne pas considérer.

La première limite tient dans l'utilisation des données des fichiers fonciers, c'est-à-dire issues du cadastre, qui n'intègrent pas un certain nombre d'infrastructures routières et de parcelles relevant du domaine public. Le niveau d'artificialisation ainsi quantifié constitue de fait une sous-estimation.

Le manque de données constitue une limite importante du modèle. Celui-ci n'inclut pas les dispositifs fiscaux (la taxe d'aménagement, le prêt à taux zéro, la taxe d'habitation, la taxe sur le foncier bâti et non bâti, la taxe sur les logements vacants), l'existence de documents d'urbanisme ou encore la gouvernance au sein de la commune. Dans la mesure où cette dernière variable difficile à estimer est déterminante dans les choix de zonage et les choix stratégiques du développement des communes, il est risqué d'émettre des recommandations sans considérer par ailleurs la spécificité de chaque commune. Comme précisé plus tôt, les dynamiques d'artificialisation sont très variables selon les communes et les départements, ce qui remet en doute l'efficacité d'une unique politique nationale de lutte contre l'artificialisation. Une approche complémentaire territorialisée semble nécessaire dans la mise en place de politiques cohérentes et adaptées aux réalités des territoires. Néanmoins les résultats des scénarios montrent que tendre vers zéro artificialisation en 2030 est possible à condition que des mesures ambitieuses soient prises dans la redéfinition de la ville en renforçant les contraintes d'urbanisme.

Enfin ces scénarios nous invitent à réfléchir à la place de la construction dans la ville et le bourg de demain. Dans la mesure où l'artificialisation suit fidèlement les tendances de construction, une évaluation précise des besoins réels en nouvelle construction semble indispensable pour privilégier un développement responsable des communes. C'est-à-dire évaluer les potentiels de rénovation du centre ancien, revaloriser les friches urbaines, favoriser la remise sur le marché des logements vacants, limiter le nombre de résidences secondaires. D'où la nécessité de former les élus et acteurs locaux à une vision globale et intégrée de leurs territoires.

En résumé

Si aucune mesure n'est prise, le scénario tendanciel montre qu'en 2030, plus de 20 000 hectares seraient artificialisés chaque année contre 18 700 aujourd'hui. Ainsi, en suivant ce scénario, plus de 3,2 millions de mètres carrés seraient artificialisés en 2023, ce chiffre passant à 8 millions de mètres carrés en 2031, soit environ 2,5 fois plus en moins de dix ans.

De nouvelles règles d'urbanisme en matière de densité et de renouvellement urbain pourraient néanmoins réduire drastiquement la consommation d'ENAF. Dans le scénario « densification modéré », le taux de renouvellement urbain augmente de 0,42 à 0,5 et le taux de densité de 0,16 à 0,3, représentant une économie d'environ 10 800 hectares de terres non artificialisées sur une année en 2030 par rapport au tendanciel. Le scénario « densification forte » propose de durcir encore davantage les conditions de construction avec un taux de renouvellement de 0,6 et une densité de 0,4. Cet effort représenterait une économie de 14 500 hectares d'ENAF en 2030 en comparaison au scénario tendanciel. Ce résultat met en lumière la part non négligeable qu'une politique d'urbanisme favorisant la densification de l'habitat pourrait jouer dans la lutte contre l'artificialisation.

Les scénarios intégrant un facteur de « renchérissement des terres » proposent en complément aux règles d'urbanisme de s'intéresser au rôle du prix de la terre dans le but de tendre vers l'objectif zéro artificialisation. Il s'agit ici du prix moyen à l'hectare de la terre libre et des prés libres de plus de 70 hectares. Multiplier par cinq plutôt que trois le prix des terres permettrait d'économiser 1 000 hectares d'ENAF par an. Le reliquat de terres artificialisées en 2030 serait alors de 3 700 hectares.

Cet exercice de modélisation constitue une première approche imparfaite, nécessitant d'être approfondie. Il montre néanmoins qu'en jouant sur la densification de l'habitat, il semble possible de réduire la consommation d'ENAF jusqu'à atteindre un niveau minimal de surfaces artificialisées inférieur à 6 000 ha / an en 2030. Ce niveau résiduel d'artificialisation pourrait être « compensé » par la renaturation de terres anthropisées, sous réserve du développement d'un modèle économique adapté. La mise en œuvre combinée d'autres leviers (renchérissement du foncier non bâti, limitation de la sous-occupation du parc immobilier actuel) permettrait en théorie d'atteindre cet objectif plus rapidement, c'est-à-dire de tendre vers le zéro artificialisation nette à partir de 2030. Pour respecter cette trajectoire, plusieurs recommandations devraient cependant être mises en œuvre.

6 Recommandations

Nous retenons de l'exercice de modélisation conduite qu'il serait possible de tendre vers un faible niveau d'artificialisation brute si la combinaison d'instruments fiscaux et de densification permettait de réduire la consommation d'ENAF de 70 % d'ici 2030 par rapport à la référence 2015. Le reliquat de terres artificialisées pourrait être « compensé » par de la renaturation. Pour respecter cette trajectoire, plusieurs recommandations doivent être mises en œuvre.

6.1 Améliorer la connaissance des dynamiques d'artificialisation et du potentiel de renaturation des sols

Il est indispensable d'assurer un suivi précis de l'artificialisation au niveau local et de compiler au niveau national ces données. Il faut également disposer d'un suivi annuel du taux de renouvellement urbain et de la densité (mesurés tous deux à partir des fichiers fonciers). Plusieurs sources existent aujourd'hui pour mesurer l'artificialisation, mais aucune ne permet en l'état de fonder une politique publique assortie de droits et de devoirs. Dans cette optique, un enrichissement du cadastre semble la piste la plus prometteuse. Il faudra par ailleurs assurer l'accès de tous les acteurs aux connaissances nécessaires à la construction de projets de territoires et aux solutions disponibles pour maîtriser l'artificialisation. Cela passe en particulier par l'information et la sensibilisation de l'ensemble des acteurs – administrations, collectivités, porteurs de projets et ménages – aux coûts engendrés par l'artificialisation, en particulier les élus et les ménages.

La mise en place d'un observatoire de l'artificialisation des sols en vue d'aller vers le zéro artificialisation, annoncée lors du conseil de défense écologique du 23 mai 2019, peut contribuer à ces objectifs. Cet observatoire pourra analyser dans quelle mesure le cadastre peut être utilisé pour fonder une politique de lutte contre l'artificialisation. Il pourra également identifier les moyens d'estimer à terme l'artificialisation liée au foncier non cadastré.

CHEF DE FILE PRESSENTI	***Observatoire de l'artificialisation des sols***
CALENDRIER PRÉVISIONNEL	• *Mise en place de l'observatoire : été 2019* • *État des lieux et plan d'action pour établir une mesure de l'artificialisation susceptible de fonder une politique créatrice de droits et de devoirs : été 2020*

6.2 Améliorer la connaissance sur le potentiel et le coût de la renaturation, notamment pour calibrer la baisse brute nécessaire pour atteindre le ZAN

Il est indispensable d'accroître et de diffuser des informations précises sur les gisements d'espaces artificialisés réutilisables ou compatibles avec la renaturation. L'organisation d'un appel à projets pour le cofinancement de projets de renaturation permettrait d'identifier les acteurs clés du secteur et les bonnes pratiques déjà appliquées ainsi que de constituer une base de coûts de mise en œuvre. Cette base de données permettrait également de hiérarchiser les terres renaturables en fonction de leurs coûts de renaturation. En parallèle,

un travail de recensement des terrains renaturables conduirait à identifier précisément les espaces à renaturer en priorité (carrières, voies désaffectées, etc.).

CHEF DE FILE PRESSENTI	***Ministère de la Transition écologique et solidaire***
CALENDRIER PRÉVISIONNEL	• *Lancement d'appels à projets à l'automne 2019 et à l'automne 2020* • *Premier recensement des terres renaturables par catégorie : été 2020*

6.3 Pour favoriser la densification, la rénovation et le recyclage urbains, des outils réglementaires ou fiscaux sont possibles…

Afin de réduire l'impact des nouvelles constructions sur l'artificialisation, les outils réglementaires sont les plus susceptibles d'avoir un effet de grande ampleur. Un ajustement des outils fiscaux pour éviter les incitations à l'artificialisation pourrait utilement les compléter. Plusieurs mesures sont possibles :

- imposer une obligation de densification par l'instauration dans les PLU i) d'un plancher de densité, c'est-à-dire d'un coefficient d'occupation des sols minimal ; ii) d'un taux plancher de renouvellement urbain dans chaque commune pour les constructions nouvelles. Ce plancher serait vérifié annuellement *via* le suivi des permis de construire, et des sanctions administratives pourraient être envisagées a posteriori ;
- exclure de l'éligibilité aux dispositifs Pinel et prêt à taux zéro les constructions sur des terres non artificialisées ;
- exonérer totalement de taxe d'aménagement les projets qui ne changent pas l'emprise au sol du bâti (surélévation, rénovation, reconstruction).

CHEF DE FILE PRESSENTI	***Ministère de la Transition écologique et solidaire pour les mesures réglementaires, ministère des Comptes publics pour les mesures fiscales***
CALENDRIER PRÉVISIONNEL	• *Calibrage de la mesure en 2019* • *Inscription au projet de loi de finances 2021*

6.4 …mais une gouvernance dédiée est nécessaire

La mise en cohérence des instruments de planification implique de disposer d'une gouvernance adaptée, effective aux échelles territoriales pertinentes. En pratique, trois types d'instances peuvent être envisagées :

- à l'échelle des intercommunalités, responsables des PLUi, définir des cibles d'ENAF susceptibles d'être artificialisées ainsi que des surfaces à renaturer ;
- à l'échelle départementale, fusion des missions et compétences de la Commission départementale d'aménagement commercial et de la Commission départementale de

préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers afin de créer un conseil départemental de lutte contre l'artificialisation des terres, ouvert à l'ensemble des parties prenantes concernées et chargé de la délivrance *a priori* des autorisations d'artificialisation des ENAF ;

- à l'échelle nationale, mise en place d'un Conseil national de lutte contre l'artificialisation des terres, chargé du suivi transversal de l'ensemble des mesures mises en place, auquel serait rattaché l'Observatoire de l'artificialisation des sols.

CHEF DE FILE PRESSENTI	***Ministères de la Transition écologique et solidaire et de la Cohésion des territoires***
CALENDRIER PRÉVISIONNEL	*Mise en place progressive de ces instances de concertation à partir de 2020*

6.5 Combiner renaturation et artificialisation

Afin d'atteindre le ZAN, il pourrait être pertinent de conditionner l'artificialisation à une renaturation équivalente. Compenser l'artificialisation d'espaces naturels artificialisés dans le cadre de projets d'infrastructures ou d'aménagement dont la surface au plancher est supérieure à 40 000 m² est d'ores et déjà prévu dans le cadre de la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC)[76]. L'évaluation de l'application de cette « doctrine ERC » est en cours et reposera notamment sur une géolocalisation précise des zones de compensation, jusqu'à présent non réalisée[77]. Cette compensation ne doit être mise en œuvre que si et seulement si l'évitement et la réduction des effets négatifs d'un projet sur l'environnement ne peuvent être mis en œuvre. Dans la séquence ERC, la compensation repose sur un principe d'équivalence écologique, régulièrement questionné quant à son efficacité[78]. Dans le cadre d'un conditionnement de l'artificialisation à de la renaturation, un tel principe serait sans doute difficile à concevoir, les processus d'artificialisation ayant des effets très divers sur l'environnement en fonction de leur nature. Deux dispositifs seraient néanmoins envisageables :

- mettre en place un marché de droits à artificialiser contre renaturation, cette renaturation devant être labellisée, sur la base de critères transparents, par une autorité garantissant la qualité environnementale de la renaturation. Un tel dispositif présenterait l'avantage de décentraliser les connaissances des coûts de renaturation. Sa mise en place rencontre deux obstacles : en l'état, le coût de la renaturation est a priori trop élevé pour que l'offre puisse rencontrer la demande sur ce marché ; contrairement par exemple aux émissions de CO_2, l'artificialisation n'est pas un processus binaire, et il ne serait pas forcément judicieux de mettre le même prix pour tout type d'artificialisation (parking ou parc), et pour n'importe quel territoire ;

[76] Dispositif réglementaire prévu par la loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, complétée par la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement et l'ordonnance n° 2016-1060 du 3 août 2016.

[77] Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (2017), « La séquence "éviter, réduire et compenser", un dispositif consolidé », coll. Thema, mars.

[78] https://www.lesechos.fr/politique-societe/societe/grands-projets-le-maigre-bilan-des-mesures-de-compensation-pour-la-biodiversite-1130026

- À défaut, financer la renaturation en ajoutant une composante « artificialisation » à la taxe d'aménagement et en en reversant les recettes pour financer les opérations de renaturation des sols et de densification du foncier bâti existant. Ce système serait mis en œuvre à une échelle nationale afin que les montants des composantes « artificialisation » et « aménagement » soient relativement stables dans le temps, et puissent être bien intégrés par les agents dans leurs choix d'aménagements.

CHEF DE FILE PRESSENTI ***Ministère des Comptes publics***

CALENDRIER PRÉVISIONNEL

- *calibrage de la mesure d'ici début 2020 ;*
- *concertation en 2020 ;*
- *inscription au projet de loi de finances en 2021 ou 2022.*

Annexes

Définitions

Anthroposol : sol pour lequel l'homme est le facteur dominant de genèse, de fonctionnement et d'évolution. Les termes « anthrosol » et « technosol » en sont des synonymes.

Communes isolées hors influence des pôles : ensemble des communes situées hors de l'espace des grandes aires urbaines et hors de l'espace des autres aires.

Communes multipolarisées des grandes aires urbaines : communes situées hors des grandes aires urbaines dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent dans plusieurs grandes aires urbaines, sans atteindre ce seuil avec une seule d'entre elles, et qui forment avec elles un espace d'un seul tenant.

Confinement : suppression des voies de transfert des pollutions.

Contamination : présence anormale de produits potentiellement dangereux dans le milieu.

Couronnes des grands pôles urbains : ensemble des communes dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent hors de leur commune de résidence, dans un grand pôle ou dans des communes de sa couronne.

Couronnes des moyens pôles : ensemble des communes dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent hors de leur commune de résidence, dans un pôle moyen ou dans des communes de sa couronne.

Couronnes des petits pôles : ensemble des communes dont au moins 40 % des actifs occupés résidents travaillent hors de leur commune de résidence, dans un petit pôle ou dans des communes de sa couronne.

Dépollution : suppression de la source de pollution.

Éléments traces métalliques : éléments métalliques présents sous forme de traces dans l'environnement, c'est-à-dire le cadmium, le cuivre, le chrome, le nickel, le plomb et le zinc. Certains sont toxiques à fortes concentrations chez l'homme et d'autres le sont à faibles doses.

Grands pôles urbains : pôles comportant plus de 10 000 emplois.

Hydrocarbures aromatiques polycycliques : il s'agit de composés organiques issus de la formation des énergies fossiles ou de la combustion incomplète de matières organiques. Ils sont présents dans des dérivés du pétrole et font l'usage de biocides dans le goudron, l'asphalte et dans des produits utilisés pour protéger et préserver des matériaux (bois). La plupart sont considérés comme substances prioritaires (naphtalène, coronène, anthracène, fluoranthène, benzo(a)pyrène, le benzo(b)fluoranthène, le benzo(ghi)périlène, le benzo(k)fluoranthène et l'indéno(1,2,3-cd)pyrène…).

Moyens pôles urbains : pôles comportant de 5 000 à 10 000 emplois.

Petits pôles urbains : pôles comportant entre 1 500 et 5 000 emplois.

Pollution : possibilité de nuisance ou de risque pour l'homme, la faune ou la flore, eaux de surfaces, souterraines, voire pour les constructions, le paysage, etc.

Réhabilitation : rendre apte à un usage déterminé et restaurer certaines fonctions des milieux.

Glossaire

CDAC	commission départementale d'aménagement commerciale
CDCEA	commission départementale de consommation des espaces agricoles
CDPENAF	commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers
DGF	dotation globale de fonctionnement
ENAF	espace naturel, agricole et forestier
EQRS	évaluation quantitative des risques sanitaires
ETM	éléments traces métalliques
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
ICU	îlot de chaleur urbain
INAO	Institut national des appellations d'origine
PADD	projet d'aménagement et de développement durable
PDU	plans de déplacements urbains
PLH	programmes locaux de l'habitat
PLU	plan local d'urbanisme
PLUi	plan local d'urbanisme intercommunal
PTZ	prêt à taux zéro
SCOT	schémas de cohérence territoriale
SRU	loi solidarité et renouvellement urbains
TaSCom	taxe sur les surfaces commerciales
TFPB	taxe foncière sur les propriétés bâties
TFPNB	taxe foncière sur les propriétés non bâties

Références bibliographiques

Agence européenne de l'environnement (1995), Corine Land Cover (https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover).

Agence européenne de l'environnement (2017) – Landscapes in transition. An account of 25 years of land cover change in Europe (https:/www.eea.europa.eu/publications/landscapes-in-transition).

Albizatti C., Poulhes M. et Parraud J.S. (2017), « Caractérisation des espaces consommés par le bâti en France métropolitaine entre 2005 et 2013 », *Insee Références*, décembre.

Agreste (2010), « L'utilisation du territoire en 2009. Méthodologie Teruti-Lucas », Chiffres et données, *Agriculture,* n° 213, août

Anonyme (2018), « Taxes et participations d'urbanisme : décryptage des principes de base », *La Gazette des communes* (www.lagazettedescommunes.com/553104/taxes-et-participations-durbanisme-decryptage-des-principes-de-base/?abo=1).

Beccard M., Bonaventure C., Mbarki A., Monfront C. et Taveau B. (2013), *La densification de la ville : processus de répartition du plein et du vide*, Atelier international, groupe densification, 17 p.

Béchet B., Le Bissonnais Y. et Ruas A. (coord) (2017), « Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols : déterminants, impacts et leviers d'action », synthèse du rapport d'expertise scientifique collective, Inra, 127 p.

Berthelin J. (coord.) (2018), « La requalification des friches industrielles et urbaines pour préserver les sols agricoles », *Revue de l'Académie d'agriculture*, n° 16, p. 29-56.

Bricard D (2016), « La vacance commerciale dépasse les 15 % dans plus de vingt centres-villes en France » (https://www.lsa-conso.fr/la-vacance-commerciale-depasse-les-15-dans-plus-de-20-centres-villes-en-france,241251).

Bocquet M. (2018), « Mieux mesurer la densité pour mieux la prescrire », *La revue foncière*, n° (24), juillet-août.

Bouvart C., Brender P. et Ducos G. (2018), « Objectif zéro artificialisation nette : éléments de diagnostic », *Théma – Essentiel*, Commissariat général au développement durable, octobre.

CEREMA (2013), « Mesure de la consommation d'espace à partir des fichiers fonciers », Editions du CERTU.

CEREMA (2016), La consommation d'espaces et ses déterminants d'après les fichiers fonciers de la DGFip. Analyse et état des lieux au 1er janvier 2015

CEREMA (2017), « Vers la ville perméable, comment désimperméabiliser les sols ? », guide technique, CEREMA/DREAL Auvergne-Rhône-Alpes/Agence de l'eau RMC, 64 p., mars.

CGEDD et CGAAER (2015), « Propositions pour un cadre national de gestion durable des sols », Alim'agri, novembre.

Colsaet A. (2019), « *Artificialisation des sols : quelles avancées politiques pour quels résultats ?* », IDDRI, *Décryptage*, n° 2, janvier.

Combes P.-P., Duranton G., Gobillon L., *et al* . (2012), "The productivity advantages of large cities: Distinguishing agglomeration from firm selection", *Econometrica* , vol. 80, n° 6, 2543–2594, novembre.

Comité pour l'économie verte (2019), « Les enjeux de l'artificialisation des sols : diagnostic », CEV, Paris, 47 p.

Commission européenne (2012), « Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer ou compenser l'imperméabilisation des sols », [http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/guidelines/pub/soil_fr.pdf]

Damas O. et Coulon A. (coord.) (2016), « Créer des sols fertiles : du déchet à la végétalisation urbaine », Éditions Le Moniteur, 335 p.

Dazy M. (2018), *Caractérisation de la colonisation spontanée par les plantes de sols pollués : rôle des systèmes cellulaires de détoxication*, Sciences agricoles, Université Paul Verlaine – Metz.

De Menthière C., De Comarmond H. et Granger Y. (2018), *Évaluation et propositions d'optimisation des outils concourant à la préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers. Conseil général de l'alimentation, de l'agriculture et des espaces ruraux*, rapport n° 17076, Paris, 135 p., juin.

Decocq C. (2010), *Friches industrielles et pollutions historiques*, rapport de la mission d'information et d'évaluation.

Despois D. (2019), « Artificialisation en France : une hausse inéluctable ? », *Futuribles international*, 221, 14 mars.

Desrousseaux M. et Schmitt B. (2018), « Réduire l'impact de l'artificialisation des sols », *L'Économie politique*, n° 78, p. 54 à 68.

Direction générale du Trésor (2016), *Développement urbain et gestion économe des espaces agricoles, naturels et forestiers. Analyse comparative dans huit pays*, Paris, 85 p.

Dron D. et Guérin A-J. (coord.) (2018), « Sols en danger : réduire l'artificialisation », *Responsabilité et environnement*, n° 91, 95 p.

Evlard A. (2013), *Le potentiel du saule pour la phytostabilisation des sols pollués par les éléments-traces métalliques*, Thèse de doctorat.

Fontes-Rousseau C. et Jean R. (2015), « L'utilisation du territoire en 2014 », *Agreste*, n° 229 (http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/cd229bssef.pdf)

Fosse J. (2018), *Les agricultures urbaines : potentiel de développement et impacts sur l'environnement et l'aménagement des territoires* (https://www.lafabriqueecologique.fr/les-agricultures-urbaines-potentiel-de-developpement-et-impacts-sur-lenvironnement-et-lamenagement-des-territoires/).

Goleusov P. V. et Lisetskii F.N (2012), *Restoration agricultural lands affected by erosional degradation.*

Haut Conseil à la stabilité financière (HCSF) (2016), « Analyse du marché de l'immobilier commercial » [https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/hcsf/HCSF_-_Note_de_synthese_-_Immobilier_commercial_francais.pdf].

Humanité et Biodiversité (2018), *Contribution de la compensation écologique à un modèle économique de renaturation des friches urbaines et périurbaines*, étude, septembre.

Insee (2017), Enquête emploi.
[https://www.insee.fr/fr/statistiques/2569348?sommaire=2587886].

Insee (2018), « 374 000 logements supplémentaires chaque année entre 2010 et 2015 » [https://www.insee.fr/fr/statistiques/3572689]

Lefebvre M. (2013), « Densité et formes urbaines : vers une meilleure qualité de vie », Université Paris-Ouest, mémoire de master 2, sciences de l'immobilier, 44 p.

Madeline P. (2006), « L'évolution du bâti agricole en France métropolitaine : un indice des mutations agricoles et rurales », in *L'information géographique*, vol. 70 [https://www.cairn.info/revue-l-information-geographique-2006-3-page-33.htm].

Organisation de coopération et de développement économiques (2018), *Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities* [http://www.oecd.org/publications/rethinking-urban-sprawl-9789264189881-en.htm].

Pech P (2015), « Renaturation », Encyclopédie *Hypergéo*
http://www.hypergeo.eu/spip.php?article641#

Péna M. (2015), « La renaturation en ville », in *Quelles solutions face au changement climatique ?*, CNRS éditions (ISNB : 978 2 271 08925 0).

Petel A-L. et Potier D. (2018), *Rapport d'information sur le foncier agricole*, Assemblée nationale, n° 1460, 158 p.

Roussel S., Tardieu L. et Vaissière A-C. (2019), « Compensation écologique et agriculture est-ce compatible ? », *Revue économique*,n° 70.

Sainteny G. (2018), « Comment modérer l'artificialisation ? Quelques suggestions pratiques », communication au comité de l'économie verte, 7 février 2019.

Soleille S. et Brignon J.-M (2006), « Données technico-économiques sur les substances chimiques en France », Fiches Ineris https://substances.ineris.fr/fr/substance/1036.

Virely B (2017), *Artificialisation : de la mesure à l'action*, Commissariat général au développement durable, Théma-Analyse, janvier.

Lettre de mission

France Stratégie
Courrier arrivé le : 4/2/19
N° : 298

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

MINISTÈRE DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES ET DES RELATIONS AVEC LES COLLECTIVITÉS TERRITORIALES

MINISTERE EN CHARGE DE LA VILLE ET DU LOGEMENT

Les Ministres

Paris, le 31 JAN. 2019

Note

à

Monsieur Gilles de MARGERIE
Commissaire général de France Stratégie

Référence : 18019486

Objet : Mission sur la lutte contre l'artificialisation des terres

Le plan biodiversité présenté le 4 juillet 2018 annonce des actions fortes pour limiter la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers et lutter contre l'étalement urbain. En particulier, il fixe un objectif de « zéro artificialisation nette », dont l'horizon sera fixé en concertation avec les parties prenantes.

La stratégie Logement présentée en septembre 2017 et la loi pour une évolution du logement, de l'aménagement et du numérique du 23 novembre 2018 porte d'ores et déjà des mesures fiscales, incitatives ou réglementaires dans le but de renforcer la lutte contre l'artificialisation des sols. La lutte contre l'étalement urbain ne sera effectivement et durablement appropriée que par une approche proportionnée selon les territoires et sous la responsabilité des élus locaux.

Atteindre cet objectif nécessitera à la fois de limiter la consommation d'espaces et de favoriser la renaturation et le recyclage foncier. Il s'agit d'accélérer le déploiement d'un urbanisme raisonné, adapté à la réalité des territoires et respectueux de la préservation des espaces naturels et agricoles, et soucieux d'une réponse de développement aux attentes légitime des territoires. Il importe d'adopter une réponse adaptée à la diversité des territoires et de prendre en compte la pression différenciée démographique tout en saluant les initiatives vertueuses des élus locaux.

Face à ce défi et pour préparer les décisions à venir, nous souhaitons que France Stratégie conduise des travaux prospectifs permettant d'éclairer ces enjeux et contribue à la concertation avec les parties prenantes à laquelle le Gouvernement s'est engagé. Vos travaux s'intégreront dans les actions 10 et 13 du plan biodiversité (#BIODIV 2020) pilotée par la DGALN.

Votre mission consistera :

- Dans un premier temps, à recenser les différentes définitions de l'artificialisation des sols afin d'objectiver la notion et de la faire partager. Vous consoliderez également l'identification des principales causes d'artificialisation des terres en France en pondérant les faits avec le nécessaire temps d'appropriation des politiques publiques par les élus locaux.

- Puis, vous identifierez les facteurs et instruments pouvant limiter cette artificialisation comme ceux qui peuvent faciliter la densification. Par-delà les instruments existants, vous proposerez des dispositifs innovants et pragmatiques au regard de la nécessaire association des collectivités territoriales. Vous tiendrez également compte des démarches entreprises en ce sens dans quelques pays comparables confrontés aux mêmes questions.

- Vous travaillerez sur les modèles techniques et économiques de renaturation des sols et sur l'identification des leviers à mettre en œuvre en sa faveur, qu'il s'agisse de leviers économiques, fiscaux, ou juridiques, ou d'instruments de planification.

- Enfin, vous estimerez les potentiels de réduction du rythme d'artificialisation offerts par les divers leviers et instruments que vous aurez identifiés, ainsi que leurs interactions. Vous évaluerez également l'ordre de grandeur du coût moyen de réduction du rythme d'artificialisation pour chaque instrument mobilisé.

- Sur ces bases, vous élaborerez différents scénarii de transition vers l'objectif « zéro artificialisation nette », les conditions de respect de ces horizons, et les coûts associés. Vous établirez la plus-value effective de vos propositions par rapport à l'existant et au regard de la rapidité de leur mise en œuvre. Ces scénari feront l'objet d'une mise en débat dans le cadre d'un ou plusieurs groupes miroirs qui seront mis en place par la DGALN. Afin de nourrir ce débat, vous présenterez également un scénario « de base / tendanciel » à visée pédagogique pour illustrer l'impact qu'aurait l'absence d'action nouvelle.

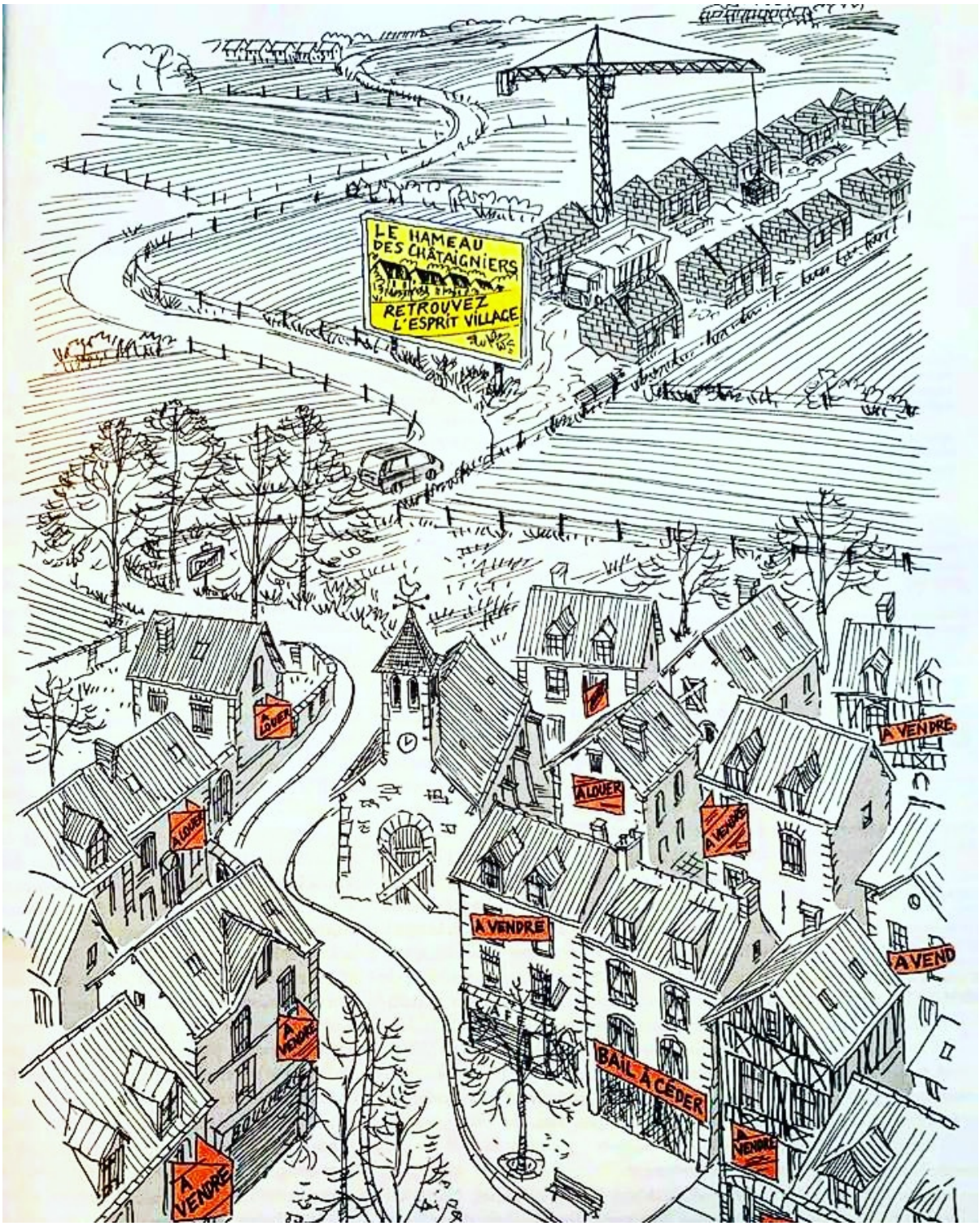
Vous évaluerez également les conditions de l'acceptabilité sociale de ces mesures au regard des attentes de développement des territoires.

Vous nous remettrez un rapport d'étape pour le 31 mars 2019 et un rapport définitif pour le 31 mai 2019.

François de RUGY

Jacqueline GOURAULT

Julien DENORMANDIE



Source : illustration de Martin Étienne, publiée dans le n° 270 de la revue « D'A » (avril 2019)

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :

www.strategie.gouv.fr

@Strategie_Gouv

france-strategie

FranceStrategie

@FranceStrategie_

StrategieGouv

FRANCE STRATÉGIE

France Stratégie est un organisme d'études et de prospective, d'évaluation des politiques publiques et de propositions placé auprès du Premier ministre. Lieu de débat et de concertation, France Stratégie s'attache à dialoguer avec les partenaires sociaux et la société civile pour enrichir ses analyses et affiner ses propositions. Elle donne à ses travaux une perspective européenne et internationale et prend en compte leur dimension territoriale.

FRANCE STRATÉGIE – 20, AVENUE DE SÉGUR – TSA 90725 – 75334 PARIS CEDEX 07 – TÉL. 01 42 75 60 00