

Objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN) et contribution de l'ADEME

Etat de l'art analytique et
contextualisé

EXPERTISES 



Juin
2021

REMERCIEMENTS

Par ordre alphabétique :

Aurélien Bigo (ADEME)
Laurent Chateau (ADEME)
Thomas Eglin (ADEME)
Isabelle Feix (ADEME)
Cécile Grand (ADEME)
Anne Lefranc (ADEME)
Antoine Pierart (ADEME)
Daniela Sanna (ADEME)
Marie Sauze (ADEME)

CITATION DE CE RAPPORT

ADEME, Sophie Ménard, Théo Mouton, David Magnier (CDC Biodiversité), Thomas Cormier, Jean Benet (L'Institut Paris Région). 2021. État de l'art analytique et contextualisé - Objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN) et contribution de l'ADEME : état de l'art, ressources et plan d'actions. 136 pages.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 2020MA000269

Étude réalisée pour le compte de l'ADEME par : CDC Biodiversité et l'Institut Paris Région

Coordination technique - ADEME : LEFRANC Anne

Direction/Service : Adaptation, Aménagement et Trajectoires bas carbone (DAAT)/Pôle Aménagement des Villes et Territoires (PAVT)



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCTION	7
L'ADEME et l'objectif de ZAN	7
L'organisation de la mission autour de 4 tâches	8
1. ARTIFICIALISATION : DE QUOI PARLE-T-ON ?	10
1.1. L'artificialisation en France : éléments de contexte.....	10
1.1.1. Avancées récentes du débat sur l'artificialisation	10
1.1.2. L'artificialisation : quelle définition ?	11
1.1.3. Contribution de l'ADEME à la réflexion sur la définition de l'artificialisation	13
1.1.4. Vers une prise en compte des enjeux paysagers ?.....	16
1.2. Les déterminants majeurs de l'artificialisation	18
1.3. Les méthodes et indicateurs pour mesurer l'artificialisation des sols	29
1.3.1. Les méthodes de suivi de l'artificialisation à l'échelle nationale.....	29
1.3.2. La mesure de l'artificialisation du point de vue des écosystèmes.....	32
1.4. Les impacts de l'artificialisation.....	36
1.4.1. Les impacts de l'artificialisation sur les sols et les écosystèmes	36
1.4.2. Les impacts socio-économiques de l'artificialisation	38
2. REPONDRE AUX ENJEUX DE L'OBJECTIF DE ZAN : EVITER, REDUIRE ET COMPENSER L'ARTIFICIALISATION.....	40
2.1. Éléments préliminaires de réflexion	40
2.1.1. La nécessité d'une planification territoriale.....	40
2.1.2. L'application de la séquence ERC en France	56
2.1.3. Les leviers pour appliquer la séquence ERC à l'objectif de ZAN	58
2.2. Éviter l'artificialisation	64
2.2.1. Définition et enjeux autour de l'évitement.....	64
2.2.2. L'évitement lors du choix d'opportunité : développer de nouveaux aménagements en corrélation directe avec le besoin réel.....	65
2.2.3. La réhabilitation de sites artificialisés et/ou des espaces dégradés dans un objectif de réaffectation à un usage non ENAF.....	70
2.2.4. Agir sur l'existant : le renouvellement urbain pour une ville plus dense, vivable et désirable.....	71
2.3. Réduire l'artificialisation et ses effets	83
2.3.1. Définition et enjeux autour de la réduction	83
2.3.2. Des espaces à sanctuariser pour ne pas s'y implanter.....	83

2.3.3. Le développement de nouvelles formes urbaines plus denses.....	85
2.3.4. La réduction de l'imperméabilisation et l'augmentation de la végétalisation dans les nouvelles constructions	89
2.3.6. La construction dans des espaces urbains non-imperméabilisés.....	93
2.4. Compenser l'artificialisation en dernier ressort	94
2.4.1. Définition et enjeux autour de la compensation.....	94
2.4.2. Perspectives autour de la compensation de l'artificialisation.....	95
2.4.3. La désimperméabilisation pour des impacts positifs sur le cycle de l'eau	100
2.4.4. La réhabilitation écologique des friches polluées.....	102
2.4.5. La refonctionnalisation des sols : enjeux et démarches	103
2.4.6. La réhabilitation des sites en faveur de la biodiversité.....	106
2.5. La nécessaire sensibilisation et formation des acteurs	108
2.5.1. Faire évoluer les aspirations des citoyens.....	108
2.5.2. Les collectivités territoriales dans l'objectif de ZAN.....	111
2.5.3. Former les acteurs privés de l'aménagement et de l'urbanisme	114
CONCLUSION ET PERSPECTIVE	115
BIBLIOGRAPHIE.....	119
ANNEXES	131
Annexe 1 - Les propositions de la Convention citoyenne sur le climat relatives à l'artificialisation	131
Annexe 2 – Étapes pour évaluer le besoin réel en logements sur un territoire	132
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....	133
SIGLES ET ACRONYMES	135

RÉSUMÉ

L'objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN), inscrit pour la première fois dans le Plan biodiversité de juillet 2018, prend de plus en plus d'importance dans les débats actuels et les politiques publiques. Il figure dans le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, issu des travaux des 150 citoyens de la Convention Citoyenne pour le Climat.

L'ADEME est au cœur des enjeux liés à l'objectif de ZAN : elle porte des actions visant à limiter l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols, déploie des approches incitant à la lutte contre l'étalement urbain en travaillant sur les formes urbaines et sur le renforcement de la conservation de la nature en ville et des fonctionnalités écologiques, approfondit l'évaluation de la qualité de sols et la préservation des services qu'ils rendent à la société, favorise l'adaptation au changement climatique des espaces urbanisés et des territoires, etc.

Au regard de la montée en puissance du sujet, l'ADEME a souhaité poursuivre cette dynamique pour renforcer son action en faveur de la lutte contre l'artificialisation, à plusieurs échelles, en complémentarité et articulation avec les acteurs clés du sujet. À cet égard, l'ADEME a lancé l'étude « Objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN) et contribution de l'ADEME : état de l'art, ressources et plan d'actions ».

Le présent document est un état de l'art analytique et contextualisé de l'objectif de ZAN. Il comprend une analyse des travaux existants et en cours portant sur la définition, les enjeux, les pistes d'actions et les moyens mis en œuvre pour concourir à l'atteinte de l'objectif ZAN. Ces enjeux sont présentés sous la forme d'actions pour éviter, réduire puis compenser (ERC) les impacts de l'artificialisation sur les sols et la biodiversité.

Cet état de l'art analytique et contextualisé est complété par une feuille de route concernant les priorités d'action de l'ADEME sur la trajectoire d'atteinte de l'objectif de ZAN. Elle permet à l'ADEME d'organiser et planifier des actions à court terme, moyen terme et long terme, en lien avec la mobilisation des acteurs socio-économiques.

ABSTRACT

The goal of Zero Net Artificialization (ZNA), first included in the 2018 french Interministerial Biodiversity Plan, is becoming increasingly important in current debates and public policies. It is included in the bill to combat climate change and strengthen resilience to its effects, resulting from the work of the 150 citizens of the Citizen's Convention for the Climate.

ADEME is at the heart of the issues related to ZAN's objective: it carries out actions to limit the artificialization and waterproofing of soils, deploys approaches aimed at reducing urban sprawl and strengthening the conservation and introduction of nature in cities and ecological functionalities, reinforces the evaluation of soil quality and the preservation of the services they provide to society, promotes the adaptation to climate change of urbanized spaces, etc.

In view of the growing importance of the subject, ADEME wished to pursue this dynamic to strengthen its action in favour of the fight against artificialisation, on several scales, in complementarity and articulation with the key players in the subject. In this regard, ADEME has launched the study "Objective "zero net artificialisation" (ZNA) and ADEME contribution: state of the art, resources and action plan.

This document is an analytical and contextualized state of the art of ZAN's objective. It includes an analysis of existing and ongoing work on the definition, issues, courses of action and means implemented to help achieve the ZAN objective. These issues are presented in the form of actions to avoid, reduce and offset the impacts of artificialisation on soils and biodiversity.

This analytical and contextualized state of the art is complemented by a roadmap of ADEME's priorities for action on the path to achieving the ZAN objective. It enables ADEME to organize and plan short, medium and long-term actions in connection with the mobilization of socio-economic actors.



Introduction

L'ADEME et l'objectif de ZAN

L'Agence de la transition écologique (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Les missions de l'Agence n'ont cessé d'évoluer depuis sa création. A ses missions inscrites dans le Code de l'environnement (prévention et lutte contre la pollution de l'air, prévention de la production de déchets, gestion des déchets, économie circulaire, protection des sols, remise en état des sites pollués, économies d'énergie et de matières premières, développement des énergies renouvelables, développement des technologies propres et économies, lutte contre les nuisances sonores, lutte contre le réchauffement climatique et adaptation au changement climatique), sont venus se rajouter de nombreux domaines de plus en plus transversaux : de la ville durable à la production responsable en passant par l'alimentation, la mobilité, le tourisme, le numérique,... Qu'il s'agisse d'accompagnement des collectivités territoriales ou de soutien à la recherche et à l'innovation, la priorité de l'ADEME est d'amplifier le déploiement de la transition écologique... De plus, l'ADEME évolue en s'appuyant sur une vision transversale et holistique qui est devenue nécessaire pour appréhender la complexité de la transition écologique, ainsi que les interdépendances et rétroactions entre les différents domaines d'action.

Le Contrat d'objectifs & de performance État – ADEME 2020-2023 prévoit ainsi qu' « *en matière d'aménagement territorial et urbain, l'ADEME poursuivra le travail engagé en matière de recherche, prospective et expertise sur l'adaptation au changement climatique et territoires résilients (atténuation de la surchauffe urbaine...), en cohérence avec le plan national d'adaptation au changement climatique (PNACC), et sur les apports des milieux urbains comme supports de biodiversité (nature en ville, gestion durable des sols...) comme contribution à l'objectif de zéro artificialisation nette* ».

L'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) se retrouve ainsi au cœur des missions de l'ADEME :

- Elle porte des actions visant à limiter l'artificialisation et l'imperméabilisation des sols ;
- Elle déploie des approches visant à renforcer la conservation et l'introduction de la nature en ville et des fonctionnalités écologiques ;
- Elle renforce l'évaluation de la qualité des sols et la préservation des services qu'ils rendent à la société ;
- Elle favorise l'adaptation au changement climatique des espaces urbanisés (recyclage et reconversion des friches urbaines, densification des formes urbaines, aménager avec la nature en ville, planification et l'aménagement durables - AEU2 -).

Ces actions vont de la recherche à la montée en compétences en passant par l'expérimentation et la mise à disposition d'outils méthodologiques, la capitalisation des opérations exemplaires et leur diffusion.

L'ADEME réalise et soutient des projets de recherche sur la gestion durable des sols urbains, industriels, agricoles et forestiers, sur les changements d'affectation des sols ainsi que sur l'intégration de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme. Elle soutient également des programmes de surveillance de la qualité des sols de France au travers du Groupement d'Intérêt Scientifique Sol (GIS Sol), la constitution de bases de données de qualité des sols, ainsi que l'élaboration et la normalisation de méthodes et d'outils d'aide à la décision pour mieux gérer les sols, les terres excavées et les sites pollués. Elle assure également, pour le compte de l'État, la maîtrise d'ouvrage des travaux de mise en sécurité, voire de remédiation des sols des sites pollués à responsable défaillant et apporte des aides financières pour des reconversions de friches urbaines, notamment dans le cadre d'un appel à projets annuel dédié à cette thématique.

Dans le cadre de sa Stratégie pour une bioéconomie durable 2017-2022 (ADEME, 2018) qui comprend un axe sur la gestion durable des sols et de sa Stratégie sur l'Urbanisme durable (2018 – 2022) (ADEME, 2017), l'ADEME a également soutenu l'expertise collective INRA-IFSTTAR sur l'artificialisation des sols (Béchet et al., 2017), promeut les conditions d'une densification urbaine durable et acceptable et la reconstruction

de la ville sur elle-même au travers d'outils opérationnels à destination notamment des collectivités territoriales. Elle opère aux côtés de l'Etat et a participé au groupe de travail « artificialisation des sols » du Comité Économie Verte, aux GT lancés par la ministre Emmanuelle Wargon en 2019 et coordonne son action avec les travaux interministériels portant sur l'élaboration d'une feuille de route nationale sur le ZAN.

Enfin, l'ADEME a pour mission d'orienter les politiques publiques en matière de préservation des sols (mission « protection des sols » de l'ADEME, inscrite dans l'article L.131-3 du code de l'environnement) sur la base de son expertise pluridisciplinaire (sols pollués, gestion durable des sols, planification urbaine et aménagement, économie circulaire, mobilité, accessibilité, etc.) en s'appuyant sur un réseau d'acteurs large. A ce titre, elle a lancé en juin 2019, un Appel à Manifestation d'Intérêt « Planification urbaine et trajectoires bas carbone ». 16 collectivités territoriales ont été retenues pour travailler sur la manière de favoriser la prise en compte des enjeux de la transition énergétique et écologique dans les documents de planification (SCoT, PLUi et PLU), la question de l'artificialisation des sols et la réduction de l'étalement urbain étant très présente dans ces projets variés.

Au regard de la montée en puissance de l'objectif de ZAN, l'ADEME a souhaité poursuivre cette dynamique pour renforcer son action en faveur de la lutte contre l'artificialisation, à plusieurs échelles, en complémentarité et articulation avec les acteurs clés du sujet. À cet égard, l'ADEME a lancé l'étude « *Objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN) et contribution de l'ADEME : état de l'art, ressources et plan d'actions* », dont CDC Biodiversité et L'Institut Paris Région assurent le pilotage pour le compte de l'ADEME.

L'organisation de la mission autour de 4 tâches

Ces travaux d'accompagnement de l'ADEME sont organisés autour de 4 tâches complémentaires, déclinant une réflexion théorique autour de l'objectif de ZAN jusqu'à la mise en œuvre opérationnelle de démonstrateurs concourant à cet objectif :

1 - État de l'art analytique et contextualisé et cartographie d'acteurs. Cet état de l'art est l'objet du présent document. Cette tâche consiste à réaliser une analyse croisée des ressources disponibles sur la thématique sols et artificialisation à toutes les échelles de projet, de la planification à l'aménagement opérationnel. Elle se base sur une analyse des travaux existants et en cours portant sur la définition, les enjeux, les pistes d'actions et les moyens mis en œuvre pour évaluer les actions (publications scientifiques, rapports d'études, rapports stratégiques, documents normatifs et réglementaires/législatifs, d'engagement volontaire, rapports de groupes de travail, etc.) relatives à l'artificialisation et l'imperméabilisation ou la préservation, la renaturation et la restauration écologique des sols, dans un objectif de ZAN.

2 - Positionnement et priorités d'action de l'ADEME sur le ZAN. La réalisation de cette tâche vise à réaliser une feuille de route concernant les priorités d'action de l'ADEME sur la trajectoire d'atteinte de l'objectif de ZAN. Elle permettra à l'ADEME d'organiser et planifier des actions à court, moyen et long termes, en lien avec la mobilisation des acteurs socio-économiques. Toutes ces propositions d'actions sont détaillées sous forme d'un plan d'actions prioritaires, classées selon la séquence ERC (Éviter, Réduire, Compenser) et suffisamment précises (mise en œuvre, priorité d'action, cible, acteurs à mobiliser et associer, enveloppe budgétaire, services concernés) pour être mises en application à court et moyen termes. Des priorités sont précisées selon les champs d'expertise de l'ADEME et sont détaillées pour chacun des services de l'agence impliqués sur la thématique des sols, de l'urbanisme, des énergies renouvelables, de la construction, de la mobilité, etc. Pour cette phase, un certain nombre d'entretiens avec des référents de l'ADEME permettent de préciser ces différents éléments et de co-construire le plan d'actions de manière transversale.

3 - Préfiguration d'un AMI ADEME sur l'objectif de ZAN. Un travail plus approfondi est conduit sur la préfiguration d'un appel à manifestation d'intérêt (AMI) sur l'objectif de ZAN. L'objectif est

d'accompagner les acteurs œuvrant au développement des territoires dans une déclinaison ambitieuse du ZAN via la réalisation d'études, tant d'un point de vue stratégique (à l'échelle des documents d'urbanisme) qu'opérationnel (aide à la préfiguration de travaux en faveur du ZAN). Cet AMI pourrait être lancé par l'ADEME en juillet 2021, en articulation avec les avancées des travaux en cours au niveau de la feuille de route nationale.

4 – Eléments de communication et de synthèse. Cette dernière tâche permet de synthétiser l'ensemble de ces travaux et réflexions et d'en extraire les messages clés de l'ADEME sur le ZAN pour pouvoir les inscrire dans un document communiquant.

1. Artificialisation : de quoi parle-t-on ?

1.1. L'artificialisation en France : éléments de contexte

1.1.1. Avancées récentes du débat sur l'artificialisation

Au niveau européen, les réflexions sur l'artificialisation sont particulièrement prégnantes, la Commission européenne soutenant activement la lutte contre l'artificialisation depuis 2011. Ainsi, elle a proposé en 2011 que les politiques européennes adéquates soient mises en place avant 2020 afin d'atteindre l'objectif de 'No net land take' avant 2050 ([COM \(2011\) 0571](#)), dans le cadre du septième Programme d'Action sur l'Environnement. Publiée en mai 2020, [la Stratégie de l'Union Européenne en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030 « Ramener la nature dans nos vies »](#) (Commission Européenne, 2020) place le « *contrôle de l'artificialisation des sols et la restauration des écosystèmes des sols* » parmi ses priorités et porte un certain nombre de propositions concrètes.

En France, les réflexions liées à la préservation de la biodiversité et à l'absence de perte nette ont pris une importance croissante dans les politiques publiques, dont les enjeux ont été structurés dans la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages. Plus récemment, [le Plan biodiversité](#) (MTE, 2018) publié en juillet 2018, propose 90 actions visant « *à renforcer l'action pour la préservation de la biodiversité et à mobiliser des leviers pour la restaurer et la reconquérir* ». Parmi les principaux enjeux pour tendre vers l'absence de perte nette de biodiversité, le Plan biodiversité prône un objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN).

La thématique de la consommation d'espaces est également prégnante dans le domaine de l'agriculture (notamment via la Loi n°2010-874 du 27 juillet 2010 de modernisation de l'agriculture et de la pêche) de l'aménagement (avec la Loi Alun), et du foncier (loi d'orientation foncière de 1967), etc.

Les enjeux liés à la sobriété foncière, à la maîtrise de l'étalement urbain, au recyclage foncier et au renouvellement urbain prennent de l'importance au cœur des réflexions de l'État français, à travers la mise en place de groupes de travail en lien avec l'objectif de ZAN avec les GT artificialisation et GT friches, agrégés aujourd'hui dans le GT sobriété foncière qui est le principal lieu de concertation sur le sujet. En 2019, rassemblant un nombre important de parties prenantes, ces GT ont eu pour but l'élaboration d'une feuille de route présentant des mesures liées à la densité, aux friches industrielles, aux EPF, au recyclage urbain, à la planification, à la compensation, à la définition de l'artificialisation, à l'articulation entre observatoire national et observatoires locaux, à l'inventaire des friches, etc. L'engagement de l'État est également traduit via [l'instruction du gouvernement du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économique de l'espace](#), afin de « *porter les enjeux de lutte contre l'artificialisation des sols, appliquer les dernières mesures législatives prises en la matière et mobiliser les acteurs locaux* ». Plus récemment, [les travaux des 150 citoyens de la Convention Citoyenne pour le Climat](#) (2020) ont révélé la préoccupation grandissante envers le rythme d'artificialisation des sols, en élaborant 13 propositions concrètes présentées dans [l'annexe 1](#), qui préfigurent le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets qui devrait être promulguée courant 2021. Parmi les objectifs prioritaires, « *La France s'engage à réduire l'artificialisation des sols [...] sur les dix années suivant la promulgation de la présente loi, en se fixant comme objectif de ne pas dépasser la moitié de la consommation d'espace réelle observée sur les dix dernières années précédant l'entrée en vigueur de la même loi, et à poursuivre l'objectif de zéro artificialisation nette* ».

En parallèle, les travaux faisant l'état des lieux des réflexions sur l'artificialisation se multiplient, à l'instar de [l'expertise scientifique collective INRA/IFFSTAR](#) en 2017 (Béchet *et al.*, 2017) et du [rapport élaboré par France Stratégie](#) en 2019 (Fosse *et al.*, 2019). Le Comité pour l'économie verte (CEV) a également engagé des travaux sur l'artificialisation depuis 2015 (suite à la loi Alur) avec notamment [l'avis « Les enjeux de l'artificialisation des sols : diagnostic »](#) et [le rapport « Les instruments incitatifs pour la maîtrise de l'artificialisation des sols »](#), tous deux datant de 2019.

De nombreux acteurs ont également contribué aux débats. On peut noter, de manière non exhaustive, la LPO, le Conseil national de l'ordre des architectes, le Club Ville Aménagement, les géomètres-experts, etc.

L'Observatoire de l'artificialisation des sols a aussi été lancé en 2019 pour établir des données homogènes sur l'artificialisation. Celui-ci est porté par le Cerema, l'IGN et l'INRAE sous le pilotage des ministères de la Transition écologique, de l'Agriculture et de l'Alimentation et de la Cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales.

1.1.2. L'artificialisation : quelle définition ?

Dans son acception large, l'artificialisation peut être entendue comme la modification du milieu (sol, climat) ou des plantes, provoquée par l'homme (Larousse). Elle est ainsi appréhendée comme la conséquence d'une action anthropique sur un espace ayant pour effet une mutation dans la nature de l'occupation du sol initiale de cet espace vers une autre occupation du sol : par exemple la consommation d'espaces agricoles par l'urbanisation, la consommation d'espaces agricoles par la forêt.

La définition sur laquelle s'est traditionnellement portée l'attention des pouvoirs publics est toutefois plus restreinte. Elle a été initialement introduite par les agronomes afin d'identifier les mutations du paysage rural et les causes de pertes de surfaces agricoles (Slak et Vidal, 1995). Selon l'Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers (OENAF), l'artificialisation désigne ainsi un « *changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière ou naturelle vers des surfaces artificialisées, c'est-à-dire les tissus urbains, les zones industrielles et commerciales, les infrastructures de transport et leurs dépendances, les mines et carrières à ciel ouvert, les décharges et chantiers, les espaces verts urbains (espaces végétalisés inclus dans le tissu urbain), et les équipements sportifs et de loisirs y compris des golfs. Les espaces qui subissent une artificialisation ne sont plus disponibles pour des usages tels que l'agriculture, la foresterie ou comme habitats naturels* ». Plus simplement, l'artificialisation peut se définir comme « *toute surface retirée de son état naturel, forestier ou agricole, qu'elle soit bâtie ou non et qu'elle soit revêtue ou non* » (Colsaet, 2017). Les espaces artificialisés sont donc définis par la négative : sont artificialisés tous les espaces qui ne sont ni agricoles, ni forestiers, ni naturels.

Si cette définition permet une mesure statistique et une cartographie simplifiée de l'artificialisation, elle occulte la réflexion sur les impacts de cette artificialisation sur les sols, les fonctions associées et les services écosystémiques (Cf. §1.4.1. « Les impacts de l'artificialisation sur les sols et les écosystèmes »).

Par exemple, tous les espaces urbains n'ont pas la même valeur et le même potentiel écologique. Les parcs urbains sont considérés comme artificialisés, alors que leurs sols assurent certaines fonctions écologiques et qu'ils fournissent des services écosystémiques, c'est-à-dire des « *biens et services que les hommes peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être* » (MEA, 2005). La fourniture de ces services écosystémiques est d'autant plus importante dans les espaces urbains denses, souvent caractérisés par un déficit en espaces verts. Ces zones sont dès lors essentielles aux citoyens (santé physique et mentale, pratique sportive, lutte contre les îlots de chaleur, cycle de l'eau, etc.). Ce constat peut mener à une réflexion autour de l'ajustement de la définition usuelle de l'artificialisation : il peut sembler pertinent de considérer comme non-artificialisés les espaces qui concourent aux fonctions écologiques des sols et aux services écosystémiques en milieu urbain.

La définition de l'artificialisation a ainsi fait l'objet de nombreux débats entre les différents acteurs (État, chercheurs, ONG environnementalistes, etc.).

Le MTE, à travers les GT sur la sobriété foncière, réfléchit à une nouvelle définition de l'artificialisation permettant de faire évoluer ces considérations. Les travaux pourraient mener à deux prises en compte des enjeux, drastiquement différentes :

- Rester sur un mode binaire artificialisé/non artificialisé, mais ajuster la définition proposée par l'OENAF et reprise par l'ESCO INRA/IFFSTAR pour que certains espaces actuellement considérés comme artificialisés ne le soient plus et ainsi mettre l'accent sur la désimperméabilisation (infiltration) et la renaturation des milieux urbains ;
- Intégrer une position intermédiaire qui reviendrait à qualifier le degré d'artificialisation des sols, traduisant l'atteinte aux fonctionnalités et services du sol et le potentiel de réversibilité. Cette approche nécessite de dépasser le seul aspect surfacique et d'intégrer des critères de qualification tels que les impacts sur les sols et la biodiversité.

L'article 48 du Projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets entérine une définition de l'artificialisation : « *Un sol est regardé comme artificialisé si l'occupation ou l'usage qui en est fait affectent durablement tout ou partie de ses fonctions écologiques, en particulier ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques ainsi que son potentiel agronomique. Les surfaces de pleine terre ne sont pas considérées comme artificialisées* ». Cette définition adoptée en 1^{ère} lecture à l'Assemblée nationale en date du 4 mai 2021 pourra éventuellement évoluer à la suite du processus parlementaire et réglementaire. Elle soulève un certain nombre de questionnements notamment liés à l'évaluation des fonctions des sols. Les conditions d'application et de suivi sont renvoyées à un décret en Conseil d'Etat qui établira « *notamment une nomenclature des sols artificialisés en fonction de leur occupation et de leur usage, ainsi que l'échelle à laquelle l'artificialisation des sols doit être appréciée.* »

Certains acteurs travaillent d'ores et déjà à la qualification d'une position intermédiaire entre « artificialisé » et « non-artificialisé ». Par exemple, le Club des Infrastructures Linéaires et Biodiversité, dans la lignée des recommandations du CNB, travaille actuellement au développement d'un outil permettant d'évaluer le degré de naturalité d'un espace, via un gradient d'artificialisation utilisable par tous les acteurs, basé sur l'observation du site et la connaissance de son mode de gestion (CILB, 2020).

Il reprend l'esprit du CBS (Coefficient de biotope par surface), utilisé dans les PLU, croisé avec l'Ecopotential (le Coefficient de potentiel de biodiversité) développé par Bruxelles Environnement.

Le classement des différents types d'espaces terrestres est basé sur plusieurs critères : le potentiel de développement de la biodiversité, la perméabilité, la fragmentation, la réversibilité de l'impact et la naturalité du milieu. La notation va de 0 à 6 et est précisée dans le tableau 1.

Tableau 1 : Classement des différents types d'espaces terrestres selon un gradient d'artificialisation (Source : CILB, 2020)

0	Surface imperméable sans végétation (bâtiment, route, parking, etc.)
1	Surface perméable minérale (allée gravillonnée, dallage sur couche de sable, etc.)
2	Surface imperméable végétalisée (potagers en bacs, toitures végétalisées, etc.)
3	Surface plein sol végétalisée avec entretien standard (avec ou sans clôture)
4	Surface plein sol végétalisée close avec label biodiversité ou entretien alternatif (par exemple Jardins de Noé, Refuge LPO, label Biodiversity©, etc.)
5	Surface plein sol végétalisée sans clôture avec label biodiversité ou entretien alternatif
6	Surface naturelle (espace naturel ouvert)

Sur une zone présentant une diversité d'espaces, l'outil permet le calcul du degré de naturalité (ou à l'inverse d'artificialisation) via la pondération des hectares.

1.1.3. Contribution de l'ADEME à la réflexion sur la définition de l'artificialisation

L'ESCO INRA/IFFSTAR recommande d'appréhender les causes et les conséquences de l'artificialisation des sols en tenant compte de trois dimensions : (i) le degré d'imperméabilisation et de perturbation subie par les sols ; (ii) leur position dans la trame et l'armature urbaines ou dans les paysages ruraux ; (iii) le type d'activités qui s'y déplient.

Le groupe de travail « artificialisation des sols » du Comité Economie Verte considère aussi que « L'artificialisation des sols ne peut être définie par un unique indicateur : elle est le résultat de l'interaction de plusieurs dimensions qui peuvent se résumer par : (i) l'imperméabilisation des sols, (ii) la perte d'espaces naturels, agricoles et forestiers (changements d'usages) et (iii) la forme du développement urbain (la dé-densification) ».

La 1^{ère} partie de la définition de l'artificialisation proposée dans le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets permet désormais d'intégrer la multifonctionnalité des sols et de passer d'une vision 2D (surface - consommation d'espaces) à une vision 3D du sol plus intégrative. Ce qui permettra à terme de lutter plus efficacement contre les impacts de l'artificialisation au travers l'objectif de ZAN (notamment en termes d'impact sur le climat et la biodiversité). L'ADEME pense par ailleurs que cette définition de l'artificialisation se suffit à elle-même.

L'approche « binaire » excluant les « surfaces de pleine terre » au titre de leur caractère non-artificialisé est contradictoire et préjudiciable à la mise en œuvre du ZAN, du fait qu'elle limite la question de l'artificialisation à celle de l'imperméabilisation des sols et ne permet pas de nuancer les différentes dégradations du sol et atteintes à ses fonctions.

Dans le cas où le terme imperméabilisation est utilisé, l'ADEME propose la définition suivante : « *est considéré comme imperméabilisé un sol recouvert ou incluant une couche de matériau empêchant l'infiltration de l'eau dans le sous-sol* ». Et si utile, on peut préciser cette définition en ajoutant : « *Les surfaces de pleine terre ne sont pas considérées comme imperméabilisées* ».

La définition proposée par l'Ademe peut se traduire par l'intégration de trois dimensions complémentaires et caractérisant la nature de l'artificialisation, développées ci-dessous.

1.1.3.1. 1^{ère} dimension : utilisation ou occupation des sols ?

L'occupation des sols est définie comme la couverture physique et biologique de la surface des terres émergées (Di Gregorio, 2005). Elle distingue plusieurs catégories biophysiques : les zones de végétation (arbres, buissons, champs, pelouses), les sols nus (même s'il s'agit d'un manque de couverture), les surfaces dures (roches, bâtiments), les surfaces humides et les plans d'eau (nappes et cours d'eau, zones inondables... même s'il ne s'agit pas *stricto sensu* de couverture). L'occupation des sols est « observée », c'est-à-dire scrutée par différentes « sources d'observation » situées à plus ou moins grande distance de la surface terrestre : l'œil humain, les photographies aériennes, les sondes satellites.

L'utilisation des sols est caractérisée par les dispositions, les activités et les intrants que les populations humaines entreprennent dans un certain type de couverture terrestre pour produire, le modifier ou le maintenir (Di Gregorio, 2005). Dans ce cadre, l'utilisation des sols est synonyme de la notion d'usage et renvoie généralement à la description des zones selon leur finalité socio-économique : superficies à vocation résidentielle, industrielle ou commerciale, agricole ou forestière, destinées aux loisirs ou à la préservation de la biodiversité, à la production d'énergie renouvelable, etc.

Des liens entre l'utilisation des sols et l'occupation des sols peuvent être établis ; il est possible de déduire l'utilisation d'un sol à partir de son occupation, et inversement. Mais les situations sont parfois complexes et le lien n'est pas toujours évident.

À titre d'exemples :

- Une couverture herbeuse peut être utilisée pour l'élevage (prairie) ou pour le loisir (parc urbain, terrain de football ou de golf) ;
- Une zone de loisir, qui renvoie à l'utilisation des sols, peut recouvrir plusieurs types de couvertures de sols (surfaces sableuses dans le cas de plages pour la baignade, surfaces bâties pour les tribunes d'un stade de football, surfaces boisées pour un parc de loisir de type « accrobranche »).

La définition de l'artificialisation des sols au sens de l'OENAF, reprise de Corine Land Cover, correspond à un changement d'utilisation des sols.

Elle n'est pas sans poser question, car ce n'est pas le changement d'utilisation des sols en soi, mais plutôt le changement de couverture des sols (induit par le changement d'utilisation des sols) qui a un impact sur l'environnement (biodiversité, qualité des sols, séquestration de carbone, qualité des eaux, régulation des flux d'eau, etc.). Ainsi, la construction d'un bâtiment agricole imperméabilise les sols tout autant qu'une maison. Un grand parc boisé urbain peut avoir les mêmes fonctions écologiques qu'une petite forêt privée.

Dès lors, il s'agit d'appréhender le changement d'occupation des sols et le changement d'utilisation des sols de manière complémentaire. L'utilisation des sols renseigne sur les acteurs en charge de la gestion des sols et sur les conséquences socio-économiques de son changement. Elle renseigne aussi, même si c'est de façon grossière, sur la gestion et les pratiques (pratiques agricoles, pratiques sylvicoles, pratiques des jardiniers...), celles-ci ayant des impacts sur l'environnement tout aussi importants que l'occupation des sols. Ainsi, un grand parc urbain, dont une partie importante est gérée de façon « extensive » (fauche tardive, peu d'intrants, pas d'exportation des tontes et tailles, etc.) présente plus de biodiversité qu'un champ en monoculture géré de façon intensive.

On notera que Teruti-Lucas renseignent à la fois l'utilisation et l'occupation des sols et fournit des tableaux « croisement nomenclature physique-fonctionnelle ». Corine Land Cover privilégie l'occupation biophysique du sol à son utilisation en classant la nature des objets (cultures, forêts, surfaces en eau, etc.) plutôt que leur fonction socio-économique.

Enfin, on notera que certaines zones sont en co-usage, c'est-à-dire qu'elles peuvent avoir plusieurs utilisations simultanées et qu'il est donc difficile de les classifier. Par exemple, les parcelles en agrivoltaïsme sont considérées comme artificialisées, alors qu'il s'y pratique l'agriculture en même temps qu'est produite de l'électricité grâce aux panneaux photovoltaïques (double usage).

1.1.3.2. 2^{ème} dimension : dégradation de la qualité des sols

On estime que 60 à 70% des sols artificialisés en France sont imperméabilisés (Ademe, 2018b). Les conséquences de l'imperméabilisation des sols sur le climat et les écosystèmes, notamment sur les fonctions écologiques et les services écosystémiques rendus par les sols, sont nombreuses : perte de biodiversité, surchauffe urbaine, risque accru d'inondations, réduction du stockage de carbone (notamment dans le cas de déforestation), etc.

Outre l'imperméabilisation, l'artificialisation des sols engendre une dégradation plus ou moins importante des sols : augmentation de l'érosion (notamment lors des phases de construction des bâtiments car le sol est dénudé), augmentation du tassement (à cause d'un piétinement important et du passage répété de véhicules), contamination d'origine atmosphérique liée à la densité des activités humaines (activités industrielles, circulation, chauffage domestique, brûlage dans les jardins, etc.), contamination liée à la gestion des espaces verts (fertilisation, lutte phytosanitaire) et des voies de transport (salage...), contamination liée à l'emploi de matériaux pollués pour le remblaiement, décapage des horizons de sols

les plus fertiles, etc. Ces dégradations ont aussi des conséquences plus ou moins importantes sur l'homme et l'environnement (dont la biodiversité).

Enfin, il semble également nécessaire que soit prise en compte dès la promulgation de la loi, la qualité des sols (fonctions écologiques et services écosystémiques) lors de l'élaboration des documents de planification pour l'aménagement du territoire (du niveau régional au niveau communal), afin de limiter l'artificialisation des meilleurs sols.

En effet, en appréhendant l'objectif de ZAN par la division par 2 du rythme de consommation d'ENAF dans un 1^{er} temps, le projet de loi fait un grand pas en avant dans la lutte contre l'artificialisation, mais occulte certains aspects du problème. Demander la prise en considération de la qualité des sols avant de décider de l'aménagement du territoire et du zonage, permet de sensibiliser et de questionner les acteurs de l'aménagement sur le sens même de l'artificialisation, de les inciter à aller plus loin que l'objectif quantitatif de réduction de la consommation d'ENAF, de disposer de projets exemplaires et de préparer une déclinaison ambitieuse du ZAN à long terme.

1.1.3.3. 3^{ème} dimension : répartition et densité des terres artificialisées dans le paysage physique

Selon la répartition et la densité des terres artificialisées dans le paysage et notamment dans les trames écologiques, les conséquences de l'artificialisation seront plus ou moins fortes. Le paysage est vu ici dans une dimension environnementale (écologique, hydrogéologique et géographique) voire économique.

Une route selon qu'elle fragmente ou non une exploitation agricole, n'aura pas les mêmes conséquences (organisationnelles, économiques, etc.) pour l'exploitant.

À surface imperméabilisée totale équivalente, des parcelles imperméabilisées n'auront pas les mêmes impacts en termes de risques d'inondation selon leur répartition dans le bassin versant. De même que pour des parcelles contaminées vis-à-vis de la qualité de la ressource en eau.

À surface imperméabilisée totale équivalente, des parcelles imperméabilisées n'auront pas les mêmes impacts négatifs en termes de biodiversité selon leur positionnement par rapport à la trame écologique. De même pour les espaces végétalisés et l'impact positif sur la biodiversité. Par ailleurs à surface équivalente, l'artificialisation d'une parcelle n'aura pas les mêmes conséquences sur la biodiversité selon l'écosystème remplacé (prairie humide, champ de grande culture, forêt, prairie sèche, etc.) et sa richesse en termes de biodiversité (Charmes, 2013).

On peut aussi citer les effets d'ilots de chaleur urbaine (sols imperméabilisés) ou inversement de rafraîchissement (sol végétalisés) qui seront différents selon la taille et la répartition (distance par rapport aux zones à rafraîchir, emplacement par rapport aux écoulements de l'air ou par rapport à l'ensoleillement, densité, etc.) de chaque espace végétalisé. L'effet rafraîchissant d'un grand parc urbain est ressenti à une distance égale à la largeur du parc et diminue rapidement lorsque la distance augmente, et de petits espaces végétalisés régulièrement répartis sont aussi efficaces à l'échelle de la ville.

En zone urbaine, c'est la position des surfaces artificialisées dans la trame et l'armature urbaines (en continuité du bâti existant, artificialisation de masse, mitage¹) qui importe.

Aussi, il semblerait utile de compléter la définition de l'artificialisation telle que décrite dans le projet de loi avec cette 3^e dimension. La définition de l'artificialisation étant amenée à structurer les actions des collectivités pour les 30 ans à venir, il est important qu'elle soit la plus complète possible. Il pourrait ainsi être ajouté à la formulation « *Un sol est regardé comme artificialisé si l'occupation ou l'usage qui en est*

¹ Caractérisation des espaces consommés par le bâti en France métropolitaine entre 2005 et 2013 - Dossier. INSEE, 2017. Albizzati C., Poulhes M., Sultan Parraud J. Insee Références, édition 2017, 16 p.

fait affectent durablement tout ou partie de ses fonctions écologiques, en particulier ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques ainsi que son potentiel agronomique» le complément suivant : « **La gravité des conséquences de l'artificialisation d'un sol s'appréhende à l'aune de l'atteinte de sa qualité, ainsi que de la disposition dans le paysage (densité et répartition) des terres artificialisées** ». Cela permettrait d'appliquer la séquence ERC (Eviter, Réduire, Compenser) de façon plus efficace, en évitant d'artificialiser des sols (et des milieux) de très bonne qualité, notamment lorsqu'ils sont situés dans des endroits stratégiques², et de choisir des sites de compensation là où ils sont les plus utiles.

1.1.4. Vers une prise en compte des enjeux paysagers ?

À partir des années 1970, le concept de paysage apparaît progressivement dans le champ politique. Il est ainsi possible d'identifier plusieurs jalons : les années 1970 à travers la structuration du paysagisme, les années 1990 avec la loi paysage et les années 2000 avec la Convention Européenne du Paysage (CEP). Le paysage peut être défini comme « *une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations* » (Conseil de l'Europe, 2000). Quelque peu différente de celle utilisée dans le paragraphe précédent, la notion de paysage se fait ici de manière plus large dans une approche humaniste et culturelle, davantage sensible et intéressée à comprendre les caractéristiques du paysage subjectif, à savoir l'ensemble des représentations que l'Homme se fait d'un paysage³.

En raison de sa construction originellement par le prisme social, Gailing (2012) considère que le paysage peut être abordé comme une arène d'acteurs ou un espace politique régional, ce dont témoigne l'émergence d'initiatives à l'échelle du paysage comme les Parcs Naturels Régionaux ou les réseaux intercommunaux. Toutefois, au regard de l'objectif de ZAN, il est possible d'**aborder les enjeux paysagers sous l'angle des services écosystémiques (SE culturels notamment)**. Cette réflexion prospective permet notamment de compléter les évaluations sur les autres SE fournis par les sols.

En effet, les paysages agro-pastoraux, en particulier les prairies permanentes et les parcours, fournissent un grand nombre de services écosystémiques. Si les prairies permanentes et les parcours constituent des terres agricoles à haute valeur naturelle et présentent une végétation semi-naturelle (O'Rourke, Charbonneau, et Poinsot 2016), ils fournissent également une grande variété de services écosystémiques culturels, comme la valeur d'existence de la biodiversité ou la valeur patrimoniale des paysages (Reed et al. 2009), qu'il est possible d'intégrer dans les évaluations économiques des paysages.

En pratique, les dispositifs tels les chartes des Parcs Naturels Régionaux, constituent des formes d'actions paysagères négociées (Luginbühl 2012). Guisepelli (2007) approfondit cette question, en montrant que si le paysage est mobilisé largement dans les négociations des projets de territoire, il ne l'est pas forcément de la même manière selon l'échelle de négociation et les intérêts défendus par les parties prenantes.

² Stratégique, d'un point de vue environnemental, pour la limitation des inondations, pour protéger les captages d'eau, pour la préservation de la biodiversité, pour le rafraîchissement des villes à l'échelle de l'aire urbaine, etc.

³ Géomorphosites et paysages, 2005. Reynard E.

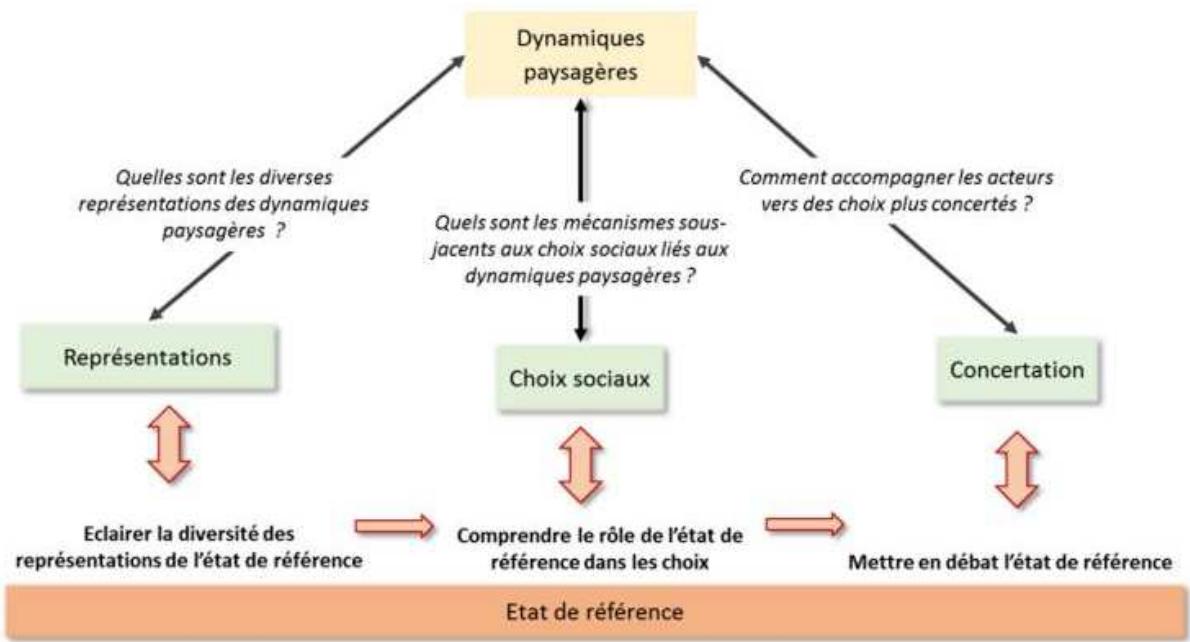


Figure 1 : Les dynamiques paysagères (Source : Moreau, 2019)

Les enjeux et dynamiques paysagères doivent aujourd’hui s’inscrire plus largement dans les actions de préservation de la biodiversité afin de favoriser le maintien ou la restauration des fonctionnalités des écosystèmes, mais également de répondre aux enjeux sociétaux. Après avoir éclairé les choix de scénarios de références possibles entre l’état pré-industriel, celui permettant de répondre le plus aux enjeux agricoles ou encore celui répondant aux activités actuelles, il sera question de légitimer les projets en faisant éventuellement évoluer les scénarios de références, mais surtout en précisant les actions nécessaires pour atteindre un état souhaité. Pour atteindre le ZAN, ce schéma des dynamiques paysagères peut permettre, par la concertation, de fédérer les acteurs du territoire autour d’un objectif paysager répondant à la fois à la limitation ou la compensation de l’artificialisation (en fonction de l’état de référence choisi), et aux demandes exprimées par les populations (culture, tourisme, alimentation, etc.). Il ne s’agit pas d’un outil à utiliser de manière isolée, mais d’un outil à utiliser en le croisant avec d’autres critères de décisions liés à l’urbanisation et au respect des équilibres économiques.

Par toutes leurs dimensions et possibilités, les paysages représentent une vision à la fois sociale, géographique, économique et écologique, en fournissant un grand nombre de services écosystémiques notamment via les sols. L’adoption d’une vision en trois dimensions⁴ favorise l’intégration des sols dans la logique paysagère, avec une réflexion importante autour de la distinction entre la dynamique ligneuse et la fermeture des paysages (Moreau, 2019 ; Le Floch, Devanne, et Deffontaines 2005).

À retenir :

- Parmi les principaux enjeux du Plan biodiversité de juillet 2018 pour tendre vers l’absence de perte nette de biodiversité, l’objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN) est mis en avant.
- Le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, fort des travaux de la Convention Citoyenne pour le Climat,

⁴ La notion de trois dimensions permet de dépasser l’approche statique et figée des plans d’urbanisme, et d’intégrer dans les études et actions une complexité réelle qui peut notamment s’exprimer par le prisme des paysages.

énonce ainsi une définition de l'artificialisation et des mesures structurantes pour la mise en œuvre du ZAN à long terme.

- À travers cet état de l'art, l'ADEME introduit une définition de l'artificialisation fondée sur trois dimensions : (i) l'utilisation et l'occupation des sols, (ii) la dégradation de la qualité des sols et (iii) la répartition et densité des terres artificialisées dans le paysage.
- Pour la première dimension de l'artificialisation, il s'agit d'appréhender l'utilisation et l'occupation des sols de manière complémentaire.
- Pour la 2^{ème} dimension, la qualité des sols (fonctions écologique et services écosystémiques) devrait être mieux prise en compte lors de l'élaboration des documents de planification pour l'aménagement du territoire (du niveau régional au niveau communal), afin de limiter l'artificialisation des meilleurs sols.
- Pour la 3^{ème} dimension, l'ADEME propose de compléter la définition « Un sol est regardé comme artificialisé si l'occupation ou l'usage qui en est fait affectent durablement tout ou partie de ses fonctions écologiques, en particulier ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques ainsi que son potentiel agronomique » en rajoutant « *La gravité des conséquences de l'artificialisation d'un sol dépend de la gravité de l'atteinte de sa qualité, ainsi que de la disposition dans le paysage (densité et répartition) des terres artificialisées* ».

1.2. Les déterminants majeurs de l'artificialisation

1.2.1. Les chiffres-clés de l'artificialisation

En préambule, il est nécessaire de préciser qu'il existe plusieurs méthodes de suivi de l'artificialisation qui peuvent différer tant au niveau de la résolution que du périmètre des surfaces artificialisées prises en compte (voir § 1.3.1 sur les méthodes de suivi).

Au niveau national, 9,58% du territoire sont artificialisés sur la base des calculs des Fichiers fonciers (9,3% selon Teruti-Lucas) (CGDD, 2019). Selon les données de l'enquête Teruti-Lucas de 2015, les surfaces artificialisées se répartissent entre l'habitat (41,9%), les infrastructures de transport (27,8%), les infrastructures de services et de loisirs (16,2%) et enfin les infrastructures industrielles et agroforestières (13,7%) (Fosse *et al.*, 2019).

Ce chiffre est en augmentation constante (Agreste, 2021), le rythme annuel moyen d'artificialisation s'élevant à 28 190 ha sur la période 2009-2017 (source Fichiers fonciers). Si la période 2011-2016 montrait une diminution du rythme d'artificialisation de 31%, la tendance repart à la hausse sur la période 2016-2018 (Cf. Figure 2).

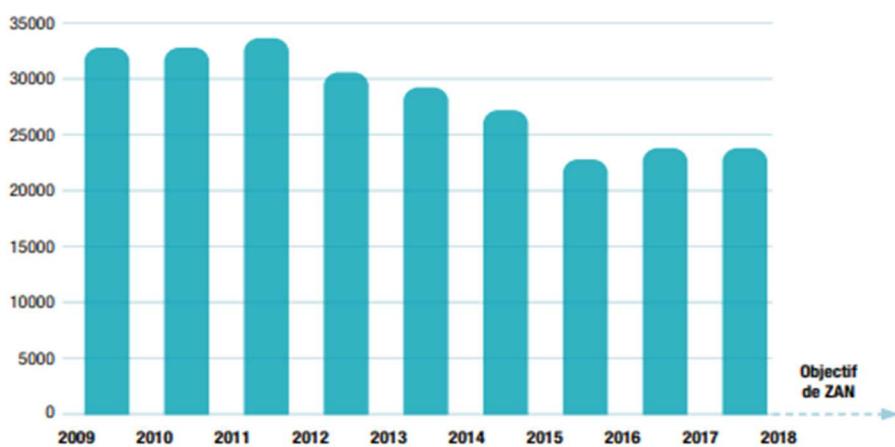


Figure 2 : Consommation annuelle d'ENAF (en ha) (Source : Fichiers fonciers retraités par le Cerema Hauts-de-France, 2019)

Si les statistiques sont plus anciennes, le CEV (2019) offre une répartition plus précise, par usage des ENAF nouvellement artificialisés entre 2006 et 2014 (Figure 3). La Figure 4 offre quant à elle des précisions en termes d'impacts, notamment l'imperméabilisation associée.

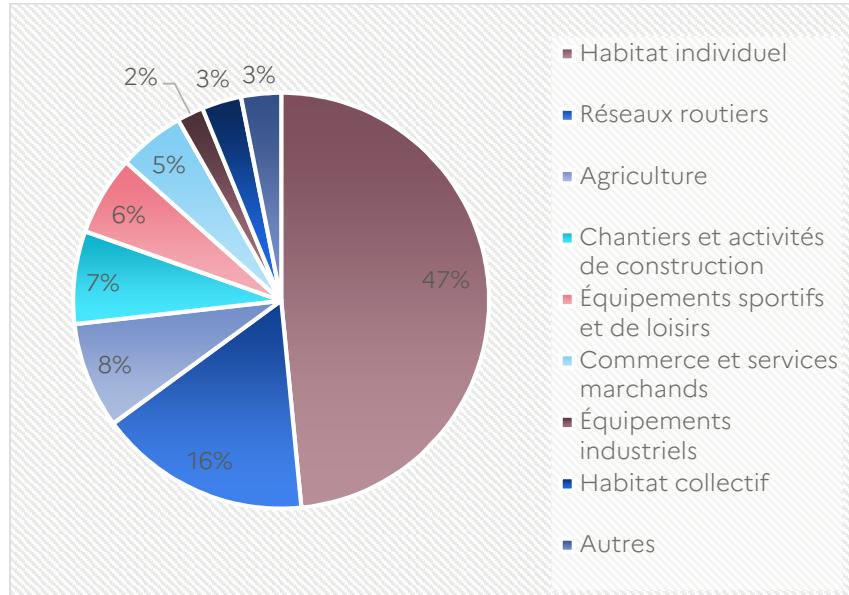


Figure 3 : Répartition par usage des ENAF nouvellement artificialisés (2006-2014) (Source : CEV, 2019, données Agreste Primeur, 2015)

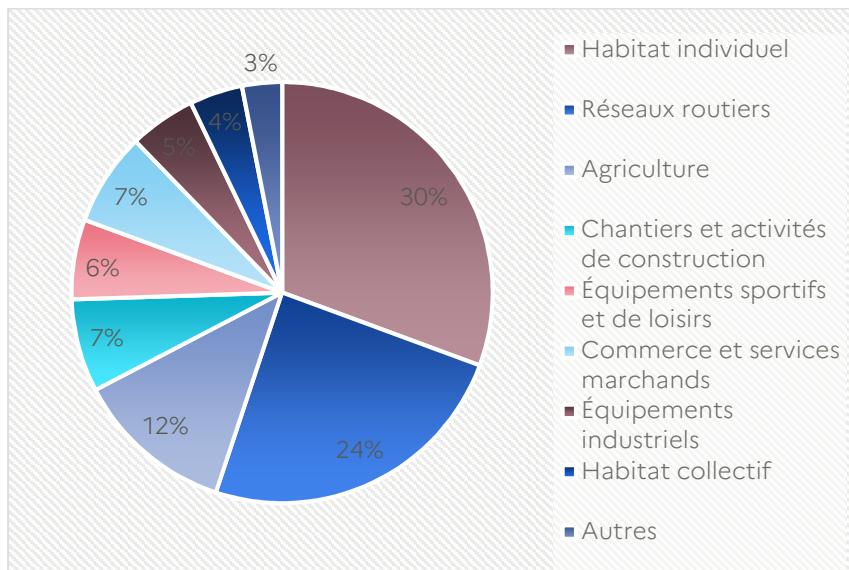


Figure 4 : Répartition par usage des ENAF nouvellement imperméabilisés (2006-2014) (Source : CEV, 2019, données Agreste Primeur, 2015)

Concernant l'habitat, la croissance de la population n'est pas le seul déterminant qui explique l'artificialisation. En effet le taux de croissance de l'artificialisation est 3,7 fois plus important que la croissance de la population depuis 1981 (Fosse *et al.*, 2019, d'après les données Teruti-Lucas). On observe

également une faible efficacité⁵ de la consommation d'espaces : 7 544 communes françaises (21,4 % du total) continuent d'artificialiser leur territoire malgré une évolution de leur nombre de ménages à la baisse. De manière globale, l'artificialisation due au logement concerne une large majorité des communes : seulement 3,75% des communes n'ont pas eu de consommation d'espaces liée au développement résidentiel. On peut donc en conclure que l'habitat se développe de manière plutôt diffuse, par opérations de faible ampleur⁶. Au-delà de la croissance de la population, l'artificialisation peut s'expliquer par la baisse de la taille des ménages, l'augmentation de la vacance des logements et la construction de résidences secondaires ou occasionnelles. L'attrait des ménages pour l'habitation individuelle et la hausse du niveau de vie impliquent également une hausse de la surface habitable moyenne par personne (Fosse *et al.*, 2019).

Concernant les activités économiques (industries, commerce, artisanat, entrepôts, etc.), celles-ci représentent un pourcentage d'artificialisation moindre que l'habitat. Environ une commune sur deux n'artificialise pas pour des raisons liées à l'activité économique. L'artificialisation due à l'activité se fait majoritairement via la construction de vastes zones d'activités. Ainsi, ces projets sont souvent réalisés sur des emprises importantes et aux abords des routes, entraînant dès lors un impact paysager non négligeable (Cerema Hauts-de-France, 2020).

Concernant le secteur du transport, la place de l'automobile dans la mobilité des Français est de plus en plus importante et constitue le moyen de transport privilégié pour les transports courts (60% de la mobilité) et longs (40% de la mobilité). Si la moitié des déplacements quotidiens des Français étaient réalisés en automobile en 1981, ce chiffre s'élève à 2/3 aujourd'hui (Armoogum *et al.*, 2010). L'utilisation de la voiture est directement corrélée à la densité de population : dans les zones denses, la voiture est relativement moins utilisée que dans les zones périurbaines et rurales. Des études montrent également que de moins en moins de ménages sont privés de voitures (seuls 19% des ménages n'ont pas de voiture en 2018), et que de plus en plus en ont deux (Enquête nationale Transports et déplacements 2007-2008). À l'origine développée pour le loisir, l'automobile est désormais davantage utilisée pour le travail (Demoli et Lannoy, 2019).

L'artificialisation est donc un phénomène hétérogène sur le territoire. Si certaines communes contribuent activement au phénomène, d'autres n'artificialisent que très peu. Ainsi, 20% des communes françaises sont responsables de 81,7% de l'artificialisation et 5% des communes sont responsables de 39,1% de l'artificialisation (Cerema Hauts-de-France, 2020).

Les espaces nouvellement artificialisés se situent principalement (Cerema Hauts-de-France, 2019) :

- Dans les milieux urbains et périurbains, autour des agglomérations. Les terres agricoles qui se situent à proximité des agglomérations sont donc les premières terres affectées. Les données Teruti-Lucas montrent que les terres agricoles représentaient les deux tiers des terres artificialisées entre 2006 et 2014 (Béchet *et al.*, 2017). Toutefois, si les territoires urbains consomment 34 % du territoire, cette consommation d'espace est considérée comme économiquement efficace puisqu'ils accueillent 78 % des emplois et 67 % des ménages ;
- À proximité des littoraux atlantique et méditerranéen, cela s'expliquant par : leur attractivité, la demande en logements, les résidences secondaires et les aménagements réalisés pour le tourisme.

Cependant, l'artificialisation est également portée par les communes qui, individuellement, sont peu consommatrices (notamment les communes rurales). Ainsi, la consommation moyenne des 21 166 communes ayant un comportement moyen en matière d'artificialisation est de 1,95 ha par commune sur

⁵ Selon le Cerema Hauts-de-France (2020), l'efficacité se définit comme le rapport entre le nombre de m² construits (nouveau bâtiment au sein de la parcelle artificialisée) et le nombre de m² consommés (ensemble de la parcelle artificialisée). Globalement, l'efficacité de l'artificialisation diminue au fur et à mesure de l'éloignement du centre.

⁶ Les opérations de plus grande ampleur tendent à s'inscrire au sein des métropoles.

la période, soit 18 % du total. Par ailleurs, les communes rurales ne représentent que 2% de l'augmentation du nombre de ménages, alors qu'elles représentent environ 10% de l'artificialisation (Cerema Hauts-de-France, 2020).

Au contraire, certains territoires ont vu leur rythme d'artificialisation se réduire significativement au cours des dernières décennies, tout en accélérant l'accueil de nouvelles populations et en développant des emplois en leur sein. C'est le cas des principales métropoles françaises, dans lesquelles des opérations de densification importantes ont été menées, faute de foncier disponible. L'exemple de la Métropole du Grand Paris est peut-être à ce titre le plus illustratif de cette tendance : les opérations en extension urbaine y sont désormais rares, mais le territoire accueille la majorité des nouveaux emplois et habitants du fait d'une politique de renouvellement et de densification soutenue. Si ce modèle urbain se distingue par son efficacité, une vigilance particulière doit néanmoins être portée au phénomène de débordement du développement urbain, certaines activités nécessaires au développement métropolitain et consommatrices en foncier étant réalisées en dehors du périmètre métropolitain.

Certains territoires périphériques ou ruraux se distinguent également par leur sobriété foncière. À ce titre, il convient de citer les Parcs Naturels Régionaux (PNR), dont les rythmes d'artificialisation sont très inférieurs aux autres territoires répondant aux mêmes caractéristiques. Entre 1990 et 2012, les Parcs Naturels Régionaux ont ainsi artificialisé en moyenne 0,57% de leur surface communale totale, contre 1,06% pour les territoires de même type (Lajarge, 2017).

La publication du Cerema Hauts-de-France (2020) offre également des éléments concernant la consommation d'espaces aux échelles régionale, départementale et des SCoT et EPCI. Plus largement, l'analyse des déterminants d'États européens ayant réussi à contenir l'artificialisation pourrait être intéressante et fournir des éléments concrets pour le cas français. En Europe, la dynamique d'artificialisation est en effet hétérogène (Cf. **Figure 5**).

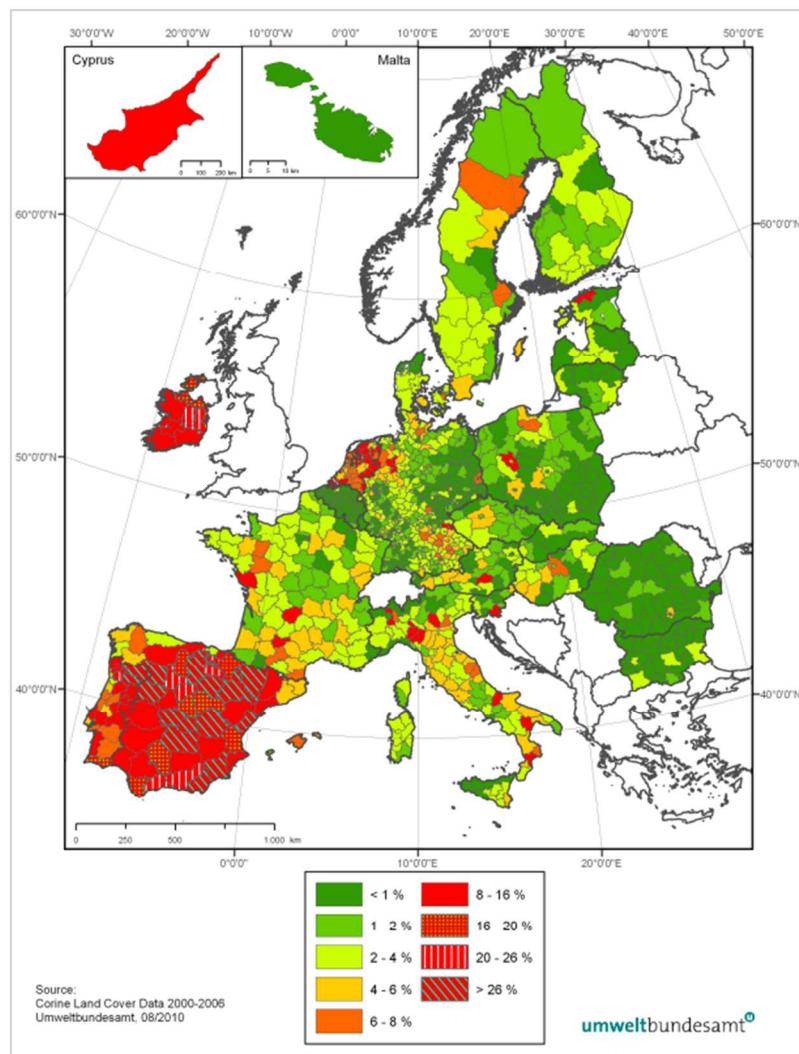


Figure 5 : Dynamique d'artificialisation des terres par unité administrative au cours de la période 2000-2006 (Source : Prokop et al., 2011)

Néanmoins, il est possible de faire ressortir quelques grands déterminants de la consommation d'espace à l'échelle européenne :

- L'artificialisation des sols n'est pas directement corrélée à la densité de population (Cf. Figure 5) ;
- Si la relation entre artificialisation et croissance démographique est hétérogène, le taux d'artificialisation est supérieur à l'augmentation de la population (Commission Européenne, 2012)

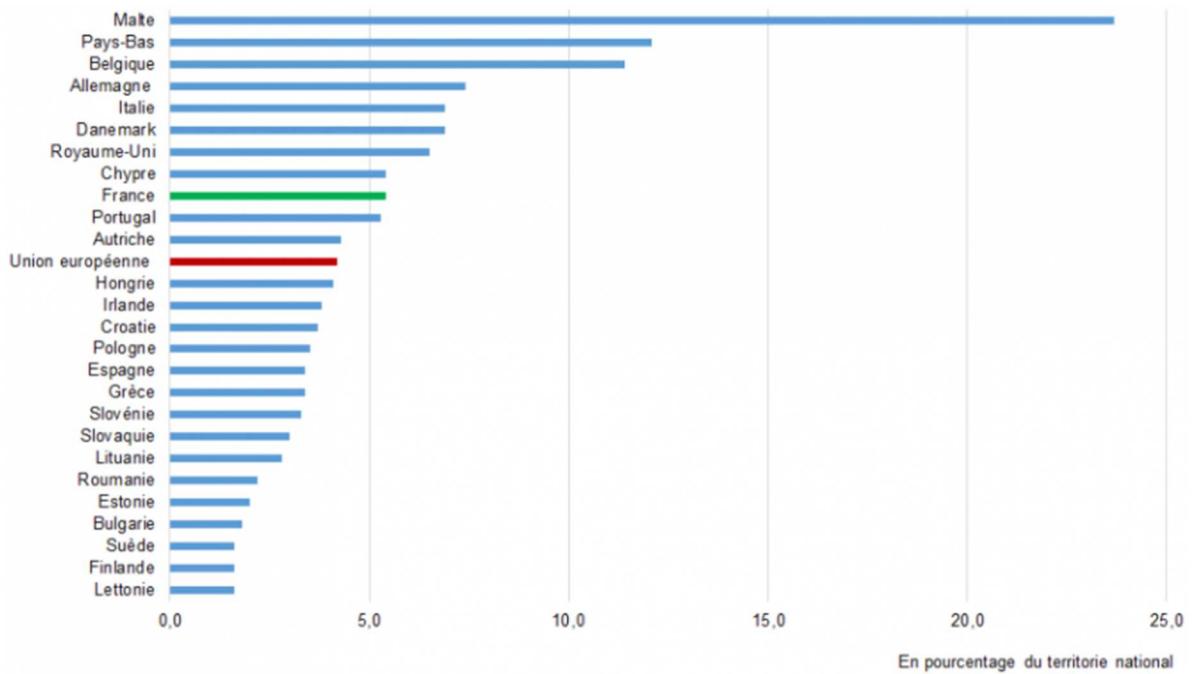


Figure 6 : Part des sols artificialisés dans les pays de l'Union Européenne en 2018 (Source : Données Lucas)

Il existe d'ores et déjà quelques exemples :

- Des limites quantitatives annuelles d'artificialisation ont été fixées dans certains pays européens, tels que l'Autriche, la Belgique, l'Allemagne et le Luxembourg.
- En Italie, des limites quantitatives sont définies localement dans les plans d'urbanisation et les règlements.
- En Andalousie, le Plan régional d'aménagement de l'espace met en place une limite quantitative d'urbanisation pour les plans directeurs des moyennes et grandes municipalités (40 % du territoire urbain préexistant ou 30 % de la population préexistante dans un intervalle de huit ans).
- En Lettonie et en Espagne, des restrictions importantes existent concernant l'aménagement du territoire sur les littoraux.
- En Angleterre, les ceintures vertes occupent 12% du territoire (par exemple, celle autour de Londres s'étend sur 500 000 ha) et sont protégées par la politique nationale d'aménagement du territoire.
- En Italie, la Région Émilie-Romagne s'est dotée d'une loi régionale pour planifier la limitation de la consommation foncière et stimuler la régénération urbaine. Actuellement, la construction est réalisée pour 10% dans la partie urbanisée de la région et pour 25% en dehors. La loi régionale vise la zéro artificialisation foncière en 2040 telle qu'elle est mise à l'agenda par l'Union Européenne pour 2050. La consommation foncière nouvelle est limitée à une évolution d'ici 2030 de 3% maximum, par rapport au territoire urbanisé de 2007 mesuré de la maille provinciale. En revanche, l'approche contraignante se couple avec un appel à projet d'urbanisme et un appui financier aux communes pour financer des opérations de régénération urbaine.
- Au Québec, la Commission de protection des espaces agricoles détient les compétences pour délimiter les zones agricoles protégées, l'évolution de leur périmètre, et les autorisations éventuelles de construction en leur sein. La délimitation des périmètres peut être "négociée" avec les collectivités, mais c'est la commission qui a le dernier mot. Elle peut passer outre leur désaccord et faire délimiter un périmètre de protection par décret. Ce dispositif diminue la pression d'autres enjeux sur la décision de protection, comme la construction de logements plus importante lorsque la décision est prise au niveau local, comme en France par exemple. L'article propose la transposition de ce système en France par le renforcement des prérogatives des Commissions de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDPENAF). Mais il évoque une tentation d'assouplissement du droit québécois avec la loi sur la protection du territoire et des activités agricoles qui autorise les

collectivités et les associations accréditées à demander l'implantation de zones résidentielles au sein des zones agricoles protégées à la Commission de protection. La Commission statue sur cette demande en fonction de critères posés par la loi. Parallèlement, cette même loi assure la conservation des structures agricoles au sens où elle interdit tant le morcellement d'un lot que d'ensembles de lots contigus. L'auteur conclut que « l'intervention de la Commission de protection ne présente pas une garantie absolue de protection des sols contre l'urbanisation rampante du territoire québécois même si, dans son rapport d'activité pour l'année 2017-2018, la commission souligne que la surface des zones agricoles a augmenté de soixante et onze hectares ».

Ces dynamiques d'artificialisation aux niveaux national et local reposent sur plusieurs déterminants sous-jacents, identifiés dans le cadre des GT « Sobriété foncière » du MTE :

- Il est en général plus coûteux et plus complexe pour l'aménageur de reconstruire la « ville sur la ville » que d'artificialiser de nouvelles surfaces en raison des coûts supplémentaires d'acquisition du foncier, de démolition et de dépollution, des temps de réalisation plus longs, et des provisions susceptibles de couvrir les aléas afférents. Ce coût du foncier éloigne les moins aisés et entraîne une ségrégation spatiale et sociale. ;
- Des prix du foncier et du logement dans le centre des métropoles qui poussent certains habitants vers les terrains en périphérie dont le prix du foncier peut être également maintenu très bas pour garantir l'accès au foncier aux agriculteurs ;
- Des documents de planification qui autorisent de nouvelles artificialisations, y compris dans des territoires qui perdent des habitants ;
- Un désir général d'accès à la propriété sous la forme préférentielle d'un pavillon individuel avec jardin, qui favorise des formes peu denses.
- Une fiscalité globalement favorable à l'artificialisation (CEV, 2015) - par exemple, le calcul de la Dotation globale de fonctionnement (DFG) comprend notamment une part forfaitaire par habitant.
-

1.2.2. Usages émergents et en croissance

1.2.2.1. Le développement des énergies renouvelables

A ce jour les énergies renouvelables participent de façon anecdotique à l'artificialisation des sols comme le montre leur absence dans la [Figure 3](#). Cependant la production primaire d'énergie renouvelable connaît une forte croissance⁷, dès lors la question de l'artificialisation potentiellement engendrée se pose. En France, la Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) porte l'objectif de 32% d'énergies renouvelables en 2030⁸, nécessitant un développement important de ces technologies dans les prochaines années. L'ADEME a d'ores et déjà apporté des éléments de réflexion notamment dans le cadre de l'état de l'art des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, réalisé par Deloitte et Biotope pour le compte de l'ADEME⁹. L'énergie solaire (photovoltaïque ou solaire thermique), l'éolien terrestre, l'énergie éolienne en mer, les énergies marines, l'hydroélectricité et la géothermie ont plus particulièrement été étudiés.

- *L'énergie solaire*

Les enjeux concernant l'énergie solaire dépendent de la technologie utilisée : si le solaire sur toiture ou sur des surfaces imperméabilisées (ex. sur les ombrières d'aires de parking) a des impacts directs nuls sur l'artificialisation des sols, les panneaux solaires posés au sol participent à la consommation d'espace (via

⁷ La production primaire d'énergies renouvelables a connu une croissance de 72% entre 2005 et 2019 (CGDD, 2020)

⁸ Objectif de 38% d'énergies renouvelables dans la consommation finale de chaleur, 40% dans la production d'électricité, 10% dans la consommation de gaz et de 15% dans la consommation finale de carburant

⁹ <https://www.ademe.fr/etat-lart-impacts-energies-renouvelables-biodiversite-sols-paysages-moyens-devaluation-impacts>

l'amont du cycle de vie, les panneaux en eux-mêmes et leurs fondations, mais également par les câbles de raccordement, les bâtiments d'exploitation, les voies d'accès, les zones de stockage, etc.) (MEDDTL, 2011). L'utilisation des sols des installations photovoltaïques est ainsi estimée entre 1 et 3 ha/MW¹⁰ (ADEME, *et al.*, 2020), pour un taux d'imperméabilisation lié aux fondations estimé entre 2% (pour une fondation sur pieux) et 5% (pour une fondation sur dalle de béton) de la surface totale de l'installation (Günnewig *et al.*, 2009). Dans le scénario ADEME de mix énergétique 100% renouvelable en France, il est estimé que les grandes centrales solaires au sol pourraient représenter 500 km² sur un total de 18 500 km² de surfaces utilisées au sol par des installations EnR (ADEME *et al.*, 2015). On notera que si l'installation est close (clôturée par exemple pour une centrale solaire au sol), toute la surface de sol à l'intérieur est considérée artificialisée (par Corine Land Cover et Teruti-Lucas), même les surfaces en herbe. On notera aussi le développement de l'agrivoltaïsme. Dans ce cas l'utilisation du site est mixte « agricole » et « artificialisé », sans qu'aujourd'hui les méthodes utilisées pour mesurer l'artificialisation des sols (Teruti-Lucas, Corine Land Cover) ne prévoient cette typologie. La majorité des terrains occupés par les centrales sont des surfaces essentiellement agricoles interrompues par des espaces naturels importants et des tissus urbains discontinus.

Les installations photovoltaïques couplées aux aménagements nécessaires sur le site sont également à l'origine d'un changement de circulation de l'eau (ADEME *et al.*, 2020), même si l'impact peut dépendre des technologies utilisées pour les fondations (sur pieux, dalles en béton, etc.) et de la conception des centrales (hauteur des modules, écartement, etc.). Concernant les fonctions des sols, les impacts de l'énergie solaire sur la biologie et les services écosystémiques des sols restent peu documentées (ADEME *et al.*, 2020). Ceux-ci influent sur le cycle du carbone, les émissions de GES et le stockage de carbone par le sol (diminution de la productivité végétale, changements de l'activité et de la composition des communautés végétales et microbiologiques) (Feix, 2018).

- **L'éolien terrestre**

L'artificialisation liée à l'énergie éolienne comprend les socles des éoliennes, mais également les plateformes, les chemins d'accès¹¹, les postes de livraison et les bâtiments d'entretien (Katsaprakakis, 2012). Ces infrastructures nécessitent des travaux de terrassement et de nivellement, ainsi que l'emploi d'équipements lourds. Dans le cas d'éoliennes implantées en forêt, on observe un changement d'affectation permanent des sols concernés.

On estime la surface utilisée par les parcs éoliens terrestres français entre 6 200 et 6 800 ha/TWh/an pour l'éolien terrestre standard et entre 7 400 et 8 000 ha/TWh/an pour l'éolien nouvelle génération¹². Le scénario ADEME de mix énergétique 100% renouvelable estime que l'éolien terrestre pourrait représenter 17 000 km² en termes d'utilisation du sol, sachant qu'il ne s'agit pas de la surface artificialisée (ADEME *et al.*, 2015).

Concernant les impacts de l'énergie éolienne sur la biologie et les services écosystémiques des sols, les conclusions sont similaires à celles de l'énergie solaire.

- **L'hydroélectricité**

L'hydroélectricité rassemble plusieurs technologies :

- Les centrales au « fil de l'eau » ;
- Les centrales de lac ;

¹⁰ Étant donnée le progrès technologique relatif aux panneaux photovoltaïques, les derniers retours d'expérience tendent vers 1-1,5 ha/MW.

¹¹ En France, la majorité des parcs étant développés sur des terres agricoles, les chemins d'accès sont d'ores et déjà existants.

¹²

https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/rapport_analyse_et_comparaison_impacts_enr_2020.pdf

- Les STEP (Stations de transfert d'énergie par pompage-turbinage).

La production d'énergie hydroélectrique rassemble à la fois des installations et des réservoirs d'eau, dont les impacts sont non négligeables sur les sols (Gasparatos *et al.*, 2017). Ils sont liés aux barrages, aux centrales, aux canaux de dérivation et aux routes d'accès. D'une manière générale, ces impacts sont liés à l'occupation des sols, à la perturbation du régime hydro-sédimentaire, à l'érosion des sols et au changement morphologique des terres. Toutefois, il est impossible de généraliser l'intensité de ces impacts, celle-ci dépendant de la technologie, du site d'implantation, du cours d'eau et des moyens de gestion de l'installation (ADEME *et al.*, 2020).

Les grandes centrales hydroélectriques avec réservoirs engendrent des impacts importants, que ce soit sur le site, en amont et en aval de celui-ci. On peut notamment noter la perte de sols fertiles en amont et des fonctions de rétention du sol. On note également la modification de la charge sédimentaire, qui entraîne des problématiques liées à la survie de certains organismes aquatiques. Par ailleurs, la mise en eau d'une surface importante de sols réduit drastiquement les services écosystémiques qu'ils rendaient.

Néanmoins, la filière étant d'ores et déjà très mature, peu de nouveaux projets sont prévus dans les années à venir. Les liens avec l'objectif de ZAN sont donc plus marginaux que pour d'autres énergies renouvelables en plein développement.

- ***La géothermie***

La production d'énergie géothermique peut être réalisée avec des installations de grande profondeur, de faible profondeur, ainsi que des installations en surface.

En surface, l'utilisation des sols est réduite au centre de contrôle, aux turbines, aux chemins d'accès, aux tours de refroidissement et parfois au bassin de récupération des eaux usées (pour les technologies de profondeur). Pour la géothermie de surface, le système de récupération d'énergie peut requérir des surfaces plus importantes que pour la géothermie en profondeur comme dans le cas de la géothermie sur sondes. Ces différences sont réduites lors de l'exploitation du site, puisque les sols en surface peuvent être dédiés à d'autres usages.

- ***Comparaison pour l'empreinte au sol des différentes sources d'énergie***

Concernant la comparaison entre les énergies renouvelables et les énergies conventionnelles, peu d'études existent sur le sujet et les résultats sont contrastés (ADEME *et al.*, 2019). Si Hong *et al.* (2013) et Trainor *et al.* (2016) concluent à une occupation des sols plus importante pour les énergies renouvelables, d'autres études viennent démontrer des résultats plus nuancés (Brown et Whitney, 2011). Par exemple, Klugmann-Radziemska (2014) présente l'éolien comme le système de conversion d'énergie à la plus faible surface par kWh d'électricité générée. Ceci est dû à des définitions d'occupations des sols différentes.

L'ADEME (2020) vient conclure à ce sujet : « *Concernant les impacts en termes de surface de sol (occupation, utilisation, artificialisation, co-usage, changement d'affectation des sols, imperméabilisation), force est de constater que ni le vocabulaire, ni les concepts, ni les méthodes de mesure ne sont homogènes entre les différents documents de la littérature, ce qui empêche de comparer les énergies entre elles ou avec les autres activités humaines, ou de se faire une idée de la réalité des impacts. Ces métriques sont pourtant indispensables, non seulement pour évaluer des impacts sur le sol, mais également pour évaluer les impacts sur la biodiversité (notamment en termes de perte ou de modification des habitats et de fragmentation des paysages). Elles sont également indispensables pour décider des mix énergétiques futurs ou de planification du territoire, pour lesquels on a également besoin de ramener des surfaces à l'unité d'énergie (produite ou installée) [...]. Il est donc indispensable de standardiser le vocabulaire et les méthodes de mesures et de mener une étude centrée sur la France* ».

Des questionnements importants sont dès lors soulevés par cette notion de « densité énergétique », et notamment de l'espace nécessaire à la transition énergétique. Il s'agira alors de réaliser des projections spatiales, en fonction des accès aux différentes sources d'énergie et de réaliser des scénarios sur la base de l'optimisation de l'espace utile, prenant en compte les usages et les écosystèmes, aussi bien au niveau national qu'international. En effet, une transition énergétique qui consisterait simplement à transférer

l'artificialisation à l'international pour satisfaire les besoins énergétiques en France n'aurait que peu de sens.

Plus spécifiquement, on observe un manque de données concernant les impacts des énergies renouvelables sur les services écosystémiques rendus par les sols (notamment en ce qui concerne le cycle de l'eau), qui pourraient être utiles au regard des trois dimensions de l'artificialisation développées dans ce document. Au-delà des données, il nous semble important de mener d'autres études plus approfondies pour préciser l'impact potentiel des énergies renouvelables sur les territoires, dont le rayonnement peut parfois dépasser l'emprise au sol (périmètre d'application, enjeux écologiques et paysagers, acceptabilité).

1.2.2.2. Les datacenters

Une autre thématique émergente au regard du développement du numérique est l'artificialisation causée par les datacenters. En effet, on assiste depuis quelques années à une multiplication des projets sous la forme d'étalement urbain, alors même que les datacenters peuvent s'implanter dans des zones déjà urbanisées et même s'insérer au sein d'immeubles déjà construits. Le faible nombre d'emplois requis au sein de ces espaces ainsi que leur souplesse d'implantation permet en effet d'envisager des potentialités d'insertion intéressantes en renouvellement urbain, sur des espaces contraints (friches, sols pollués, lignes à haute tension, etc.). Cette capacité rend d'autant plus problématique l'implantation de datacenters en extension urbaine, qui pourrait être évitée. En termes d'impacts environnementaux, l'apparition d'un centre en extension contribuera entre autres à la fragilisation des espaces ouverts, la fragmentation des continuités écologiques, l'artificialisation des sols et l'altération des paysages. Il est toutefois à noter qu'une implantation en renouvellement urbain peut également engendrer des impacts négatifs, sur les sols si le projet se fait sur un espace urbain non artificialisé par exemple, ou en contribuant à l'îlot de chaleur urbain dans des zones denses.

Plus largement, le développement rapide des datacenters questionne directement la sobriété numérique, qui est devenue un enjeu majeur pour le gouvernement actuel. [La publication « L'impact spatial et énergétique des datacenters sur les territoires » réalisé par l'ADEME](#) pose les premiers éléments de réflexion concernant cette thématique spécifique.

Géographiquement, tous les territoires ne sont pas concernés avec la même intensité par la problématique d'apparition des datacenters. Ainsi, en 2019, la région Ile-de-France compte environ un tiers des datacenters français, et de nombreux projets de développement y sont à l'étude (Lopez et Diguet, 2018).

1.2.2.3. Les entrepôts logistiques

La relocalisation de certaines activités industrielles est un objectif visé dans un contexte de relance post-Covid pour assurer une forme de souveraineté dans les secteurs stratégiques de l'économie. On peut également noter l'appel à propositions « Sites industriels clés en main », dont l'objectif est de valoriser le potentiel industriel des territoires et qui décline notamment un volet « réindustrialisation sur des friches industrielles ».

Tableau 2 : Nombre et surface d'entrepôts de plus de 5 000m² par région en 2015 (Source : MEEM, 2017)

	Nombre d'entrepôts de plus de 5 000m ²	Surface moyenne en m ²
Hauts-de-France	630	20 096
Île-de-France	646	19 346
Auvergne-Rhône-Alpes	590	16 329
Grand-Est	472	19 984
Normandie	279	19 191
Nouvelle Aquitaine	357	14 502
Centre-Val de Loire	286	17 742

Pays de la Loire	291	14 911
Occitanie	247	15 959
Provence-Alpes-Côte d'Azur	203	17 663
Bourgogne-Franche-Comté	207	16 470
Bretagne	223	12 763
France métropolitaine	4 432	17 590

Aujourd’hui, l’immobilier logistique représente moins de 4% de l’artificialisation des sols (Agreste, 2015), mais fait l’objet d’une attention particulière étant donné la médiatisation de l’entreprise Amazon et l’impact paysager fort de ces entrepôts qui peuvent atteindre plusieurs milliers de m². Au-delà du bâti sur lequel on dispose de statistiques (**Tableau 6**), les entrepôts nécessitent des parkings et des routes qui contribuent également à l’artificialisation sur et en dehors des sites. Ils sont de plus souvent entourés d’espaces verts plus ou moins importants, souvent clôturés (ce qui participe à la fragmentation des paysages et des trames écologiques). Si au niveau national les entrepôts et aires logistiques ne représentent pas une cause majeure d’artificialisation, c’est moins vrai dans certaines régions (Île-de-France, Hauts-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes et Grand-Est) (MEEM, 2017). Par ailleurs, il apparaît qu’en Île-de-France le premier facteur d’artificialisation entre 1999 et 2012 était dû à l’ensemble « zones d’activités, gazons et parkings associés » (majoritairement des entrepôts et entreposages), suivi par l’habitat avec 25% des surfaces artificialisées durant cette même période (Colsaet, 2017).

Pour ces activités logistiques mais plus largement pour l’ensemble des activités industrielles, la collectivité doit repenser les modèles géographiques pour favoriser leur développement en milieu urbain. Si cette solution n’est pas possible, il s’agira de développer les activités de manière à minimiser l’utilisation de foncier, entre massification des flux, optimisation du transport et limitation des enjeux environnementaux. Aujourd’hui, il est possible d’observer certaines dérives avec la concentration d’entrepôts logistiques sur un même territoire, par exemple en Seine-et-Marne où FNE Seine-et-Marne a demandé un moratoire.

Il est cependant nécessaire de garder à l’esprit que la suppression des entrepôts en périphérie dans une logique de désartificialisation pourrait potentiellement conduire à une augmentation des distances de livraison, et donc à une hausse des émissions de gaz à effet de serre liées au transport. L’enjeu réside donc dans le maintien voire la création de surfaces logistiques au plus près des bassins de consommation, au cœur des agglomérations. [La publication de l’ADEME relative à la densification](#) présente par exemple le cas de l’Hôtel logistique urbain de Chapelle International à Paris.

À retenir :

- Le rythme d’artificialisation repart à la hausse sur la période 2016-2018
- Cette tendance selon les fichiers fonciers est principalement due au développement de l’habitat (70%), de l’activité économique (24%) et des usages mixtes (2%). Pour rappel cette méthode d’identification exclut les infrastructures de transport et les espaces publics
- De nouveaux usages émergents participent également de plus en plus à l’artificialisation, tels que les énergies renouvelables, les datacenters et les entrepôts logistiques
- L’artificialisation est un phénomène hétérogène sur le territoire : 20% des communes françaises sont responsables de 81,7% de l’artificialisation et 5% des communes sont responsables de 39,1% de l’artificialisation, selon les fichiers fonciers retravaillés par le Cerema
- Les espaces nouvellement artificialisés se situent principalement dans les milieux urbains et périurbains, ainsi qu’à proximité des littoraux atlantique et méditerranéen
- L’artificialisation est déterminée par un ensemble de facteurs tels que le coût du renouvellement urbain, le prix du foncier et de l’immobilier, l’absence d’une planification forte, le désir général d’accès au pavillon individuel et la fiscalité incitative à l’artificialisation

1.3. Les méthodes et indicateurs pour mesurer l'artificialisation des sols

1.3.1. Les méthodes de suivi de l'artificialisation à l'échelle nationale

Le portail de l'artificialisation des sols offre un panorama des bases de données existantes.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour mesurer l'artificialisation en France (Fosse *et al.*, 2019) :

- Corine Land Cover, qui repose sur l'interprétation d'images de télédétection dont l'analyse est croisée avec les cartographies et photographies aériennes disponibles. Son objectif initial est de collecter et de mettre en cohérence les données sur l'état de l'environnement et des ressources naturelles à l'échelle européenne et notamment de faire un inventaire biophysique de l'occupation des terres. Sa principale limite actuelle est sa « faible » résolution (25 ha) ;
- Teruti-Lucas (initialement une enquête statistique dédiée à l'agriculture) a pour objectif de déterminer annuellement les différentes catégories d'occupation de l'ensemble du territoire. Elle repose sur l'association de photographies aériennes et de relevés de terrains sur un échantillon de parcelles ;
- Les fichiers fonciers sont basés sur les déclarations des différents propriétaires pour la taxe foncière et contiennent donc des données relatives à l'occupation des sols. Il est possible de les utiliser pour observer l'évolution annuelle des espaces naturels, agricoles et forestiers et donc des espaces artificialisés. L'un des principaux biais des fichiers fonciers est la non prise en compte des surfaces non cadastrées, c'est-à-dire correspondant au domaine public¹³.

Étant donné les différences majeures entre ces outils et l'impossibilité de faire des distinctions fines entre certaines modalités et catégories, il existe des divergences importantes dans la manière d'appréhender l'artificialisation. Le **Tableau 2** permet une comparaison des espaces considérés comme artificialisés et non artificialisés selon les méthodes des fichiers fonciers, de Teruti-Lucas et de Corine Land Cover.

Tableau 3 : Classement des différents espaces en artificialisé (A) ou en non artificialisé (NA), selon les méthodes des fichiers fonciers, Teruti-Lucas et Corine Land Cover (Source : auteurs).

*Beaucoup de routes sont non comptabilisés dans la méthode des fichiers fonciers car elles ne sont pas cadastrées

Méthode Type d'espace	Fichiers fonciers	Teruti-Lucas	Corine Land Cover
Sols cultivés	NA	NA	NA
Cultures céréalières et de légumes, cultures industrielles annuelles	NA	NA	NA
Vignes et vergers	NA	NA	NA
Prairies permanentes	NA	NA	NA

¹³ Essentiellement : voirie publique (rues, places publiques, routes nationales et départementales, voies communales et chemins ruraux), mais aussi bâtiments publics (écoles, hôpitaux...), forêts domaniales, camps militaires, chantiers navals publics, parcs et jardins publics, surfaces en eaux (lacs du domaine public, cours d'eaux domaniaux, non domaniaux ou mixtes, canaux de navigation de l'Etat non concédés), rivages de la mer.

Prairies artificielles ¹⁴	NA	NA	NA
Sols boisés	NA	NA	NA
Forêts, bois et peupleraies	NA	NA	NA
Landes, maquis, garrigues, dunes, plages, rochers, éboulis...	NA	NA	NA
Milieux aquatiques et humides	Information non disponible ou NA	NA	NA
Zones humides	Information non disponible ou NA	NA	NA
Cours d'eau	Information non disponible ou NA	NA	NA
Canaux fluviaux ou affluents	Information non disponible ou A	NA	NA
Sols bâtis	A	A	A
Hors : énergies renouvelables	Dépend du terrain (centrales photovoltaïques) ou NA (éoliennes)	A	A
Hors : Bâtiments agricoles	Non comptabilisés	A	A
Hors : Terrains militaires	NA ¹⁵	Information non disponible	Dépend du terrain
Sols revêtus ou stabilisés	A	A	A
Terrains de sport, terrains de camping	Non comptabilisés	A	A
Chemins de fer	A	A	A
Routes	Non comptabilisés ou A*	A	A
Espaces verts, jardins, parcs	Non comptabilisés ou A	A	A
Hors : Jardins familiaux	A	NA	NA

¹⁴ Prairie temporaire de courte durée généralement monospécifique

¹⁵ « Les terrains militaires ont un classement qui peut être instable : certains camps peuvent ainsi changer d'occupation fiscale d'une année à l'autre, sans changement d'usage physique du sol ».



Parcs urbains, zoos	A	A	A
Aéroports, aérodromes	A ¹⁶	Information non disponible	A
Golfs	NA ¹⁷	A	A
Serres	Non comptabilisés ou A	A	NA
Chantiers	A	A	A
Carrières	A (en activité) ou NA (dans certains cas à la fin de l'exploitation)	A	A
Terrain à bâtir	A	Dépend du terrain	Dépend du terrain

Par exemple, la méthode des fichiers fonciers ne permettant pas de distinguer les parcelles bâties des parcelles déclarées à bâtir, celle-ci considère qu'un terrain à bâtir est d'ores et déjà artificialisé, à la différence des autres méthodes. Les différents outils de mesure de l'artificialisation comportant des divergences dans ce qui est considéré comme artificialisé ou non, elles questionnent la nécessité d'une standardisation des définitions.

À terme, l'objectif pourrait être de s'appuyer sur l'Occupation des sols Grande échelle (OCS GE)¹⁸ (en cours de développement, dans laquelle est faite la distinction entre zones perméables et imperméables au sein des surfaces anthropisées) en complément d'autres outils notamment développés par l'ADEME et/ou ses partenaires. L'OCS GE est une base de données vectorielle pour la description de l'occupation du sol de l'ensemble du territoire métropolitain et des départements et régions d'outre-mer (DROM). Elle s'appuie sur un modèle ouvert séparant la couverture du sol et l'usage du sol (appelé modèle en 2 dimensions), une précision géométrique appuyée sur le Référentiel à Grande Échelle (RGE®) et une cohérence temporelle (notion de millésime) qui, par le biais de mises à jour successives, permet de quantifier et de qualifier les évolutions des espaces. Actuellement, l'OCS GE s'appuie sur des données :

- BD TOPO pour les éléments structurants (bâti, réseaux routier, ferré, hydrographique) qui permettent en particulier de définir une ossature partitionnant le territoire (routes principales et réseau ferré non souterrain) ;
- BD Forêt pour les zones arborées ;
- RPG (Registre Parcellaire Graphique) pour des classes agricoles.

Ces informations sont ensuite validées et complétées par photo-interprétation des orthophotographies de l'IGN.

¹⁶ « Certaines parcelles des aéroports peuvent changer de classement (passage à artificialisé) sans changement physique de la parcelle »

¹⁷ « En 2015, une réforme fiscale a classé l'intégralité des golfs en terrains artificialisés. Un retraitement manuel a été réalisé pour les retirer du calcul et avoir la même définition sur tous les millésimes »

¹⁸ <https://artificialisation.biodiversitetousvivants.fr/bases-donnees/ocs-ge>

1.3.2. La mesure de l'artificialisation du point de vue des écosystèmes

Différents indicateurs existent et ont été développés pour mesurer la consommation d'espace ou la participation à la préservation de la biodiversité en milieu urbain ou sur une parcelle, afin notamment de rendre compte de son impact. Ci-dessous est présentée une liste non exhaustive d'indicateurs utilisés dans ce cadre, dont il faudrait s'inspirer pour créer un indicateur de l'artificialisation en l'adaptant à la définition de l'ADEME (cf. §1.1.3).

- **Le coefficient d'emprise au sol (CES)**

Le CES est un indicateur inclus dans les documents d'urbanisme à l'échelle municipale (POS puis PLU). Cet indicateur permet de rendre compte de la part laissée non artificialisée sur une parcelle, sous la forme d'un rapport entre l'emprise au sol du bâtiment et la surface non construite. C'est la projection au sol de tout élément de construction à l'exception des ornements et des débords de toit non soutenus par un poteau ou un encorbellement. Ce coefficient constitue un seuil à ne pas dépasser en cas de nouvelle construction.

S'il apporte une première idée de l'imperméabilisation de chaque parcelle dans le PLU, le CES est très dépendant de la définition même de « ce qui est construit », ici traitée d'un point de vue architectural. Or, cette définition peut être abordée de manières très différentes selon les champs d'expertise (architectes, écologues, urbanistes, etc.). Par exemple, le CES n'intègre pas une allée bétonnée ou une terrasse dallée.

- **Le coefficient de biotope par surface - CBS (et coefficient de pleine terre)**

Le coefficient de biotope par surface est un indicateur qui peut être utilisé dans un règlement de zonage de PLU comme une limitation de l'artificialisation (depuis la loi Alur). Il établit une proportion de surface favorable à la biodiversité par rapport à la surface totale de la parcelle. Cet indicateur est utilisé à partir d'une définition de l'artificialisation très proche de l'imperméabilisation du sol, tout en prenant en compte de potentiels services écosystémiques. L'indicateur est calculé comme le ratio de la surface de chaque typologie d'habitat sur la surface totale, pondérée par les surfaces de murs végétalisés et toits végétalisés. S'il est intégré de manière croissante au sein des documents d'urbanisme locaux, l'application de ce coefficient est indissociable d'actions de pédagogie et de concertation avec les collectivités et les aménageurs, lesquels peuvent éprouver des difficultés à s'emparer de l'outil.

Pour calculer le coefficient de pleine terre, il faut prendre la surface des espaces verts en pleine terre, c'est-à-dire la terre végétale en lien direct avec le matériau parental ou le sous-sol puis de diviser ce nombre par la surface totale de la parcelle ou de l'unité foncière.

Si le coefficient de biotope par surface s'intéresse aux éléments végétalisés dans leur ensemble, le coefficient de pleine terre se focalise spécifiquement sur les éléments de pleine terre.

Il est à souligner que la définition de la pleine terre n'est pas arrêtée et fait l'objet d'interprétations diverses selon les documents d'urbanisme locaux. Au sens le plus courant du terme, la pleine terre peut être appréhendée comme une « tentative d'imiter des sols naturels (profondeur, perméabilité, support de biotope et de végétation...) » (Cocquière, Cornet, 2021). Cette définition met en lumière les critères constitutifs de la pleine terre qui ne sont toutefois pas nécessairement toujours requis. Un sol d'un espace naturel ou forestier en pleine terre n'est par exemple pas systématiquement perméable.

Exemple de coefficient de biotope

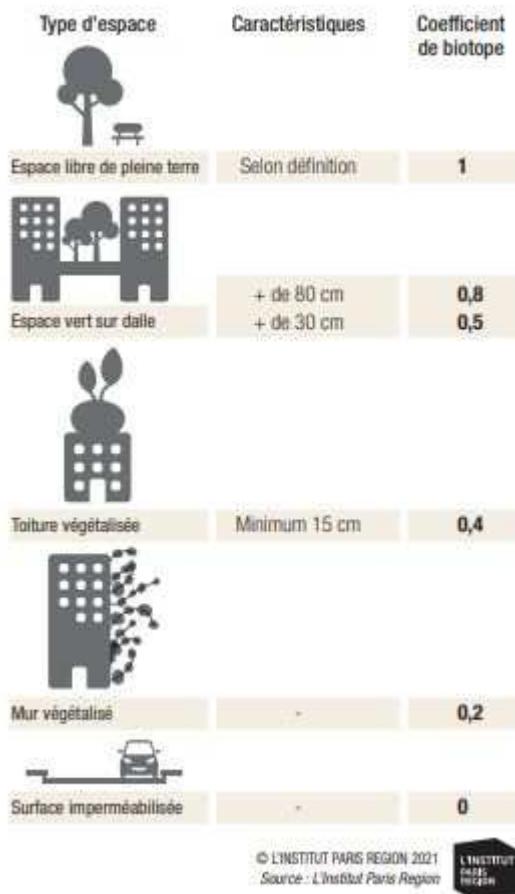


Figure 7 : Valeurs écologiques au sein du Coefficient de biotope par surface (Source : L'Institut Paris Region). Le coefficient de biotope exprime la valeur d'un espace ou d'un aménagement pour l'écosystème par référence à celle d'un espace équivalent de pleine terre.

- **Les indicateurs de naturalité**

Il existe de nombreux indicateurs de naturalité, de qualité écologique ou d'importance écologique issus de travaux en écologie appliqués à l'urbanisme. Par exemple, Liénard et Clergeau (2011) ont construit, sur la base de l'occupation du sol, un indicateur qui définit des valeurs de naturalité en fonction de la typologie d'habitat (**Tableau 4**).

Tableau 4 : Caractéristiques des classes et pondérations associées de valeur potentielle de biodiversité (Source : Liénard et Clergeau, 2011)

Libellé	Pondérations associées de valeur potentielle de biodiversité
Bois ou forêts supérieurs à 1 ha	1
Etendue d'eau fermée (étangs, lacs) supérieure à 1 ha	1
Bois ou forêts inférieurs à 1 ha	0,8
Etendue d'eau fermée (étangs, lacs) inférieure à 1 ha	0,8
Espaces ruraux vacants (marais, friches)	0,8
Coupes ou clairières en forêt	0,8
Berges	0,8
Surfaces en herbe à caractère agricole	0,8
Cours d'eau	0,8
Surfaces en herbe non agricoles	0,6
Terrains vacants en milieu urbain	0,6
Parcs ou (grands) jardins	0,6
Vergers, pépinières	0,6
Jardins familiaux	
Jardins de l'habitat individuel	0,3
Jardins de l'habitat rural	
Emprises de transport ferré	0,3
Parcs liés aux activités de loisirs	0,3
Golf	0,3
Peupleraies	0,1
Jardins de l'habitat continu bas	0,1
Maraîchage, Horticulture	0,1
Terrains de sport en plein air	0,1
Hippodromes	0,1
Carrières, sablières	0,1
Cimetières	0,1
Terres labourées	0,1

Ce type d'indicateur permet de rendre compte de la qualité écologique potentielle de différents secteurs. L'indicateur se veut par définition imparfait et réducteur mais constitue un bon exemple d'une approche de synthèse à partir de données facilement disponibles : les cartes d'occupation du sol.

Cet indicateur doit s'insérer dans un cadre opérationnel précis, qui détermine une définition de ce qui est naturel ou anthropisé. En effet, un carré de fourré au milieu d'une zone industrielle entièrement imperméabilisée par exemple pourrait être détecté avec un bon indice de naturalité mais pour autant ne présenter qu'un intérêt écologique très limité.

- **L'Indice de qualité écologique (Delzons *et al.*, 2013)**

À l'inverse de l'indicateur de naturalité présenté ci-dessus, l'Indice de qualité écologique est issu d'un travail important de terrain permettant de produire des données naturalistes. L'indicateur a été spécialement construit pour évaluer les zones fortement aménagées, en agrégeant la diversité des habitats naturels et de l'avifaune, la patrimonialité et la fonctionnalité écologique du site.

Plutôt construit pour servir de base à des audits écologiques, cet indicateur peut néanmoins être mobilisé pour comparer des sites en fonction de leur intérêt écologique. Il nécessite cependant un travail important de terrain, avec plusieurs passages sur le même site et une connaissance minimale des espèces. Dans son système de calcul et sa construction, focalisé sur un site, cet indicateur est cependant difficilement mobilisable à l'échelle d'une collectivité entière.

		Habitats patrimoniaux	% de la superficie du site en HNP Note de la section	0 %	1 à 5 %	6 à 10 %	11 à 20 %	> 20%		
				0	3 (4)	6	8	10		
<i>Non redondant : affectation à la catégorie la plus haute pour chaque espèce.</i>										
PATRIMONIALITE		Taxons patrimoniaux Note de la section = somme des notes des trois (deux) taxons ayant obtenu la meilleure note		Enjeu régional	Enjeu national	Enjeu national fort	Enjeu européen	Enjeu européen fort		
				Déterminante ZNIEFF ou LR régionale (VU, EN, CR)	LR nationale (NT*)	LR nationale (VU*, EN, CR)	Annexe II de la DHFF**, Annexe I DO, LR européenne (EN, CR)	Espèces prioritaires de l'annexe II DHFF		
FONCTIONNALITE		Listes de références								
		Nombre d'espèces FLORE		1 à 3 (2)	3 points	3 points	4 points	8 points	10 points	
ARTIFICIALISATION		>3 (>2)		>3 (>2)	6 points	6 points	8 points	10 points	10 points	
		Nb espèces FAUNE		1-2	3 points	3 points	4 points	8 points	10 points	
RESEAUX ECOLOGIQUES		> 2		> 2	6 points	6 points	8 points	10 points	10 points	
DIVERSITE		Espèces exotiques envahissantes		Surface EEE	> 20 %	> 10 %	> 5 %	5 % > et > 0 %	- 1	
		Note de la section			- 4	- 3	- 2			
RESEAUX ECOLOGIQUES		Nombre de taxons patrimoniaux pouvant accomplir leur cycle		Nb	1	2	3 à 4	> 4		
		Note de la section			1	2	3		4 (5)	
DIVERSITE		Surface artificialisée		%	>30 %	21 à 30%	11 à 20%	< 10 %		
		Note de la section			0	1 (2)	2 (3)		4 (5)	
DIVERSITE		Place dans les continuités écologiques et la matrice paysagère		Qualité écologique	D	C	B	A	9 (14)	
		Note de la section			1 (2)	3 (6)	6 (10)			
DIVERSITE		Perméabilité		Qualité écologique	D	C	B	A		
		Note de la section			0	1 (2)	2 (4)		3 (6)	
DIVERSITE		Diversité des microhabitats		Nb de microhabitats	0	1 à 3	4 à 7	> 7		
		Note de la section			0	1 (3)	3 (6)		5 (10)	
DIVERSITE		Diversité des habitats		Nombre d'habitats	1 à 2	3 à 4	5 à 6	7 à 8	9 ou +	
		Note de la section			5 (3)	10 (6)	15 (9)	20 (12)	25 (15)	
DIVERSITE		Diversité de l'avifaune		Nombre d'espèces	1 à 15 (1 à 10)	16 à 30 (11 à 25)	31 à 45 (26 à 35)	46 à 60 (36 à 45)	61 ou + (46 ou +)	
		Note de la section			2 (3)	6	8 (9)	9 (12)	10 (15)	

Figure 8 : Système de notation de l'IQE et de l'IPE (Source : MNHN). Les notes en gras représentent la notation de l'IQE. La notation de l'IPE figure entre parenthèses lorsqu'elle diffère de celle de l'IQE.

À retenir :

- Plusieurs méthodes sont utilisées pour mesurer l'artificialisation en France (Corine Land Cover, Teruti-Lucas, les fichiers fonciers). De nombreuses divergences de méthodes existent telles que l'échelle de référence ou la méthode de caractérisation des changements dans l'occupation du sol (photographie aérienne, échantillonnage local, cadastre, etc.)
- L'Occupation des sols Grande échelle (OCS GE) est en cours de développement, permettant la distinction entre zones perméables et imperméables au sein des surfaces anthropisées
- Du point de vue des écosystèmes, des indicateurs sont utilisés pour mesurer l'artificialisation à l'échelle de la parcelle : le coefficient d'emprise au sol, le coefficient de biotope par surface, le coefficient de pleine terre, les indicateurs de naturalité, l'indice de qualité écologique. A l'instar des outils de mesure de l'occupation du sol, les méthodes employées sont hétérogènes et divergent quant à leur facilité d'utilisation. Des réflexions pourraient être engagées à l'avenir pour amorcer un travail d'homogénéisation de ces méthodes.

1.4. Les impacts de l'artificialisation

1.4.1. Les impacts de l'artificialisation sur les sols et les écosystèmes

1.4.1.1. Les impacts de l'artificialisation sur les sols, ses propriétés et les services écosystémiques associés

Les sols sont des entités complexes résultant du processus naturel de la pédogénèse, qui dépend de divers facteurs (roche mère, climat, temps, agents biotiques, topographie, etc.). La pédogénèse se faisant sur des temps très longs, les sols naturels ne sont pas renouvelables à l'échelle d'une vie humaine. L'artificialisation, par de multiples processus (décaissement, décapage, compaction, tassement, imperméabilisation, pollution, apport de matériaux extérieurs, drainage, etc.), va entraîner des impacts sur les sols et la biodiversité qu'ils abritent – en termes d'abondance, d'activité microbienne, de diversité et de structure de la communauté microbienne (Béchet *et al.*, 2017). La liste suivante récapitule les principales fonctions du sol et la Figure 7 présente une liste des services écosystémiques fournis par les sols.

De manière consensuelle, les principales fonctions écologiques du sol suivantes peuvent être évoquées (Calvaruso *et al.*, 2021) :

- Rétention et fourniture de nutriments
- Support physique stable pour les végétaux
- Stockage, recyclage et transformation des matières organiques
- Rétention, Circulation et Infiltration de l'eau
- Habitat pour les organismes et régulation de la biodiversité
- Filtre, tampon et dégradation des polluants
- Contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et contribution aux processus climatiques

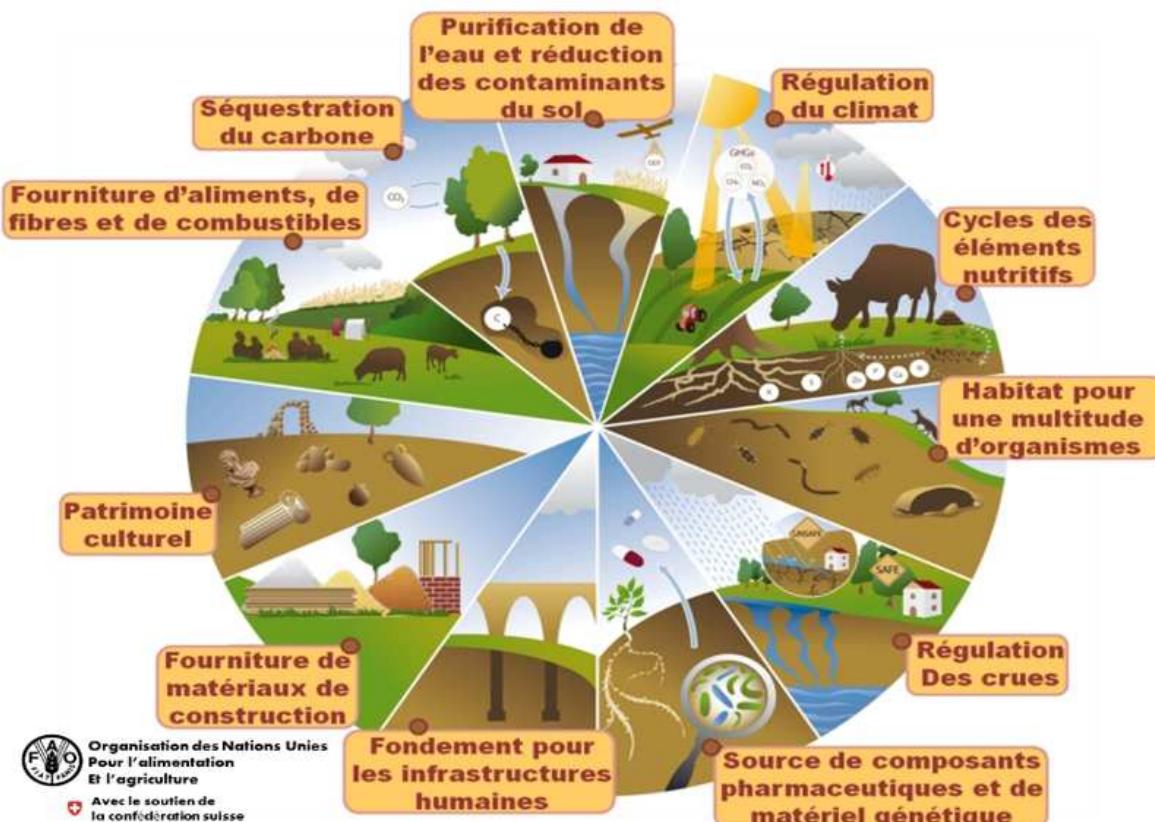


Figure 9 : Identification des services écosystémiques rendus par les sols (Source : FAO, 2015)

1.4.1.2. Les impacts sous-jacents sur les habitats, les paysages et la diversité biologique

À l'échelle internationale, le changement d'usage des sols, notamment dû à l'artificialisation, est considérable. Les trois quarts de l'environnement terrestre ont ainsi été significativement modifiés par l'action humaine (IPBES, 2019). Tout changement d'usage du sol vers du bâti est considéré comme un changement négatif pour les habitats, à la fois en termes de surfaces, de connectivité et de fragmentation du paysage (Béchet *et al.*, 2017). Les routes, en fragmentant les paysages, ont également des impacts sur les connectivités écologiques et induisent des risques de heurts.

Cette destruction des habitats a un impact direct sur la diversité biologique, la totalité des êtres vivants dépendant des interactions physico-chimiques entre les sols et les organismes qui y vivent. L'artificialisation va entraîner la sélection des espèces qui vont supporter les conditions environnementales et paysagères des milieux artificialisés (principalement des espèces généralistes) au détriment des autres (notamment les espèces spécialistes). On observe également une homogénéisation et une diminution de la diversité des organismes vivants liées à l'artificialisation (Béchet *et al.*, 2017).

1.4.1.3. Les impacts de l'artificialisation sur la gestion de l'eau

En modifiant les processus hydrologiques en milieu urbain, en surface et dans le sous-sol, l'artificialisation et surtout l'imperméabilisation, entraîne un accroissement important du ruissellement ainsi qu'une forte réduction de l'infiltration et de l'évapotranspiration (Redfern *et al.*, 2016). *In fine*, le ruissellement va augmenter les débordements lors de pluies intenses et donc le risque d'inondation dans les zones très imperméabilisées ou dans les trajectoires naturelles d'écoulement des eaux. En France, les inondations représentent un risque naturel majeur dans certains territoires, celles-ci occasionnant des dommages importants sur les territoires¹⁹. Enfin, la recharge en eaux souterraines va également diminuer, ce qui aura pour conséquence une moindre régulation des débits d'étiage.

L'artificialisation va également augmenter la pollution des eaux pluviales urbaines via le ruissellement, notamment du fait du trafic routier (gaz d'échappement, fuites d'huile, usure des pneumatiques, etc.) et des matériaux de construction. Ces substances (bioaccumulables, écotoxiques et potentiellement perturbatrices endocriniennes), dont il est difficile de réaliser un inventaire exhaustif, se retrouvent dans les milieux aquatiques avec des effets négatifs importants sur la qualité des eaux et donc sur les êtres vivants (Béchet *et al.*, 2017).

1.4.1.4. Les impacts de l'artificialisation sur la régulation du climat et la séquestration du carbone

Les émissions de gaz à effet de serre contribuent activement aux changements climatiques, dont on connaît de manière de plus en plus précise les impacts qu'ils engendrent sur les sociétés humaines (GIEC, 2018). En tant que réservoir majeur de carbone de la planète, les sols et les végétaux jouent un rôle essentiel dans le stockage et la séquestration du carbone. En France métropolitaine, les principaux stocks de carbone sont présents dans les forêts, les sols des prairies permanentes et les zones humides. Les forêts et les prairies constituent également un puits de carbone actif (la notion de puits implique que le stock considéré absorbe davantage de carbone qu'il n'en libère). Les sols cultivés ont des stocks plus faibles mais représentent un potentiel de stockage avec le développement de pratiques adaptées (agroécologie, agroforesterie). Enfin, les espaces verts ont souvent des stocks comparables aux milieux naturels similaires. Selon EFESE (2019), la poursuite des tendances actuelles en matière d'artificialisation jusqu'en 2050 pourrait conduire à un déstockage équivalent à 75% des émissions totales de 2015. En effet, l'imperméabilisation des sols et la dégradation des milieux induisent à la fois une perte de stocks et de puits de carbone. Il est à noter que la désimperméabilisation et la renaturation ne permettent de

¹⁹ On peut notamment penser aux pluies torrentielles en 2020 dans les Alpes-Maritimes, qui ont entraîné des dégâts considérables.

reconstituer un stock important (et donc de compenser une perte) que sur le long terme : de quelques décennies à quelques siècles.

1.4.2. Les impacts socio-économiques de l'artificialisation

1.4.2.1. Les impacts de l'artificialisation sur le foncier agricole

Mécaniquement, l'artificialisation va participer à la consommation d'espaces agricoles, pourtant essentiels à la production alimentaire. En Europe, les pertes de capacité productive entre 2000 et 2006 se sont ainsi élevées à 0,26% Toth (2012), ce qui peut paraître peu mais représente en réalité des surfaces très importantes eu égard au stock total. Aksoy *et al.* (2017) ont par ailleurs montré qu'en France l'artificialisation se fait particulièrement au détriment des terres et donc des sols de très bonne qualité. Ainsi, environ 34,8% des surfaces artificialisées entre 2000 et 2006 ont concerné des sols de très bonne qualité agronomique (Service de l'Observation et des Statistiques, 2010).

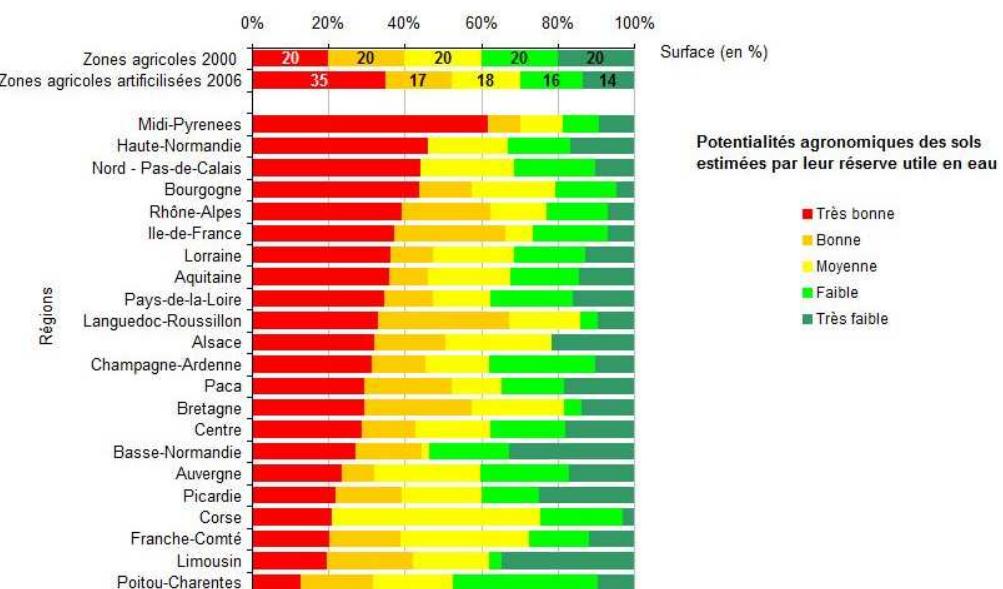


Figure 10 : Surfaces agricoles régionales artificialisées entre 2000 et 2006 (Source : Service de l'Observation et des Statistiques, 2010)

La superficie agricole utilisée (SAU) continue dès lors de décroître (Cour des Comptes, 2020). La diminution des surfaces agricoles entraîne *in fine* des impacts sur la sécurité alimentaire, la vitalité économique locale et la fourniture de services écosystémiques des écosystèmes agricoles (Lynch et Duke, 2007). Plus précisément, l'artificialisation des meilleurs sols agricoles périurbains a des impacts non-négligeables sur la fourniture d'aliments locaux dans les villes adjacentes.

1.4.2.2. Les impacts de l'artificialisation sur l'augmentation des dépenses des collectivités

L'étalement des réseaux conduit à des déséconomies d'échelle, contrairement à la densification. Il est en effet plus simple de densifier un réseau déjà existant que d'investir dans de nouvelles constructions. L'artificialisation entraîne des coûts d'aménagement (assainissement, routes, électricité) substantiels et des efforts d'entretien importants (Da Cunha *et al.*, 2005 ; Breuillé *et al.*, 2019).

Par ailleurs, l'imperméabilisation augmente les inondations et le besoin de faire appel à des réseaux pour gérer les eaux pluviales, et donc les coûts associés (dégâts causés par les inondations, construction de barrages écrêteurs de crues, mise en place ou renforcement des réseaux d'eaux pluviales et des bassins de rétention, etc.) (Cf. [Section 1.4.1.3. Les impacts de l'artificialisation sur la gestion de l'eau](#)).

L'outil BENEFRICHES, développé par l'ADEME, est ainsi un outil d'aide à la décision pour orienter les choix d'implantation entre le renouvellement urbain et l'extension urbaine pour les collectivités et les acteurs de l'aménagement, mettant en avant les bénéfices liés à la réhabilitation de friches et les coûts engendrés par l'extension urbaine (ADEME, 2020a).

1.4.2.3. Les impacts de l'artificialisation sur la fracture sociale et territoriale

Comme le souligne l'instruction du gouvernement du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économe de l'espace, « *[la consommation d'espaces] engendre [...] une perte d'attractivité, y compris économique, des territoires* » via notamment « *la paupérisation des centres-villes, l'augmentation des logements vacants et la dégradation du patrimoine bâti* ». Pour les ménages, les coûts de transport peuvent s'accroître (augmentation du temps de transport, absence de transport en commun, achat et entretien de la voiture, coût du carburant). Les ménages périurbains peuvent aussi être fragilisés par le difficile accès aux services et aux zones d'emploi (ADEME, 2018b). De plus, le coût prohibitif des logements en centre-ville oblige à l'éloignement du centre-ville pour certaines CSP, entraînant ainsi le développement des lotissements et donc de l'étalement urbain, tout en favorisant la ségrégation spatiale.

1.4.2.4. Les impacts sous-jacents sur la santé humaine

L'artificialisation (et plus particulièrement l'imperméabilisation) peut également avoir des impacts sur la santé humaine notamment via le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU).

Les espaces de nature ont la capacité de réduire la température des villes durant les épisodes de canicule et de fortes chaleurs, à travers plusieurs canaux. Ils sont à l'origine du phénomène d'évapotranspiration, qui combine évaporation (l'eau contenue dans les sols et les points d'eau se libère en se transformant en gaz) et transpiration (l'eau contenue dans les feuilles se dégage pour maintenir la température du végétal). Les végétaux offrent également des espaces ombragés et une meilleure réflexion des rayons solaires, contrairement à la plupart des surfaces bétonnées qui absorbent directement l'énergie lumineuse et la transforment en chaleur.

Au-delà des ICU, les espaces de nature ont d'autres effets très bénéfiques sur la santé au sens large. En jouant sur les ambiances sonores, en favorisant la reconnexion au vivant, en encourageant l'activité physique ou encore en captant des polluants, ces espaces permettent à l'homme de préserver son état de santé et d'améliorer son bien-être. [La publication de l'ADEME « Aménager avec la nature en ville »](#) met en exergue certaines de ces connexions entre nature en ville et santé.

À retenir :

L'artificialisation est à l'origine d'impacts négatifs importants :

- Sur les sols, leurs fonctionnalités et la quantité de services écosystémiques associés
- Sur les habitats, les paysages et la diversité biologique et la fragmentation des continuités écologiques (diminution de la biodiversité, augmentation de la vulnérabilité des territoires et baisse de qualité des sols)
- Sur la gestion de l'eau (accroissement du ruissellement, intensification des inondations, pollution des eaux pluviales urbaines)
- Sur la séquestration du carbone par les sols
- Sur la consommation d'espaces agricoles, nécessaires à la sécurité alimentaire et à la vitalité économique locale
- Sur les dépenses des collectivités (déséconomies d'échelle)
- Sur la fracture sociale et territoriale (paupérisation des centres-villes, augmentation des logements vacants, dégradation du patrimoine bâti, ségrégation spatiale)
- Sur la santé humaine et le bien-être des populations

2. Répondre aux enjeux de l'objectif de ZAN : éviter, réduire et compenser l'artificialisation

2.1. Éléments préliminaires de réflexion

2.1.1. La nécessité d'une planification territoriale

La planification territoriale est un outil essentiel pour traduire les enjeux liés aux différentes transitions de notre modèle de développement urbain. [Le Comité pour l'économie verte](#) (2019) rappelle à ce titre que la planification constitue un premier instrument de politique publique. À ce titre, il semble désormais indispensable de questionner les liens entre l'échelle projet et l'échelle territoriale, afin de renforcer la planification à des fins de limitation de l'artificialisation.

La planification est un exercice incontournable pour mettre en place des stratégies efficaces de développement spatial adaptées à chaque territoire, tout en permettant d'assurer un équilibre entre les intérêts publics et privés. À ce titre, un [rapport de l'OCDE](#) (2017) souligne la métamorphose croissante du rôle de la planification territoriale, qui doit répondre à des enjeux complexes et s'adapter de plus en plus rapidement à l'évolution des contextes urbains.

En matière d'artificialisation, les documents d'urbanisme français s'inscrivent de longue date dans une tradition de lutte contre l'étalement urbain et de gestion économe de l'espace (Cocquière, 2020a). Pour atteindre ces objectifs, la planification dispose de trois leviers complémentaires : (i) la protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, (ii) la limitation de l'urbanisation, et (iii) la densification. À cet égard, les dispositifs en faveur d'un développement local plus durable ont été progressivement renforcés, à travers les différentes lois qui se sont succédées depuis une vingtaine d'années (Cf. [Figure 11](#)) : loi relative à la solidarité et renouvellement urbains (2000), loi portant engagement national pour l'environnement

dite Grenelle 2 (2010), loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt (2014), loi pour l'accès au logement et un urbanisme rénové (2014), etc. (Jacquot *et al.*, 2019).

Les documents d'urbanisme sont appelés à définir les règles visant une gestion économe des espaces, en particulier des espaces agricoles, qui constituent le principal gisement foncier pour l'urbanisation (Agreste, 2015). Depuis la [loi Grenelle 2](#), une analyse de la consommation d'espaces est ainsi requise pour les SCoT et PLU. Avec la [loi Alur](#), une analyse de la capacité de densification et de mutation de l'ensemble des espaces bâtis est également exigée dans le cadre du PLU, en s'appuyant notamment sur les secteurs identifiés dans le rapport de présentation du SCoT. En cohérence avec ces analyses et d'autres éléments de diagnostic (évolution de la population et des besoins en équipements, entre autres), le SCoT et le PLU définissent donc les objectifs et les règles adaptés en matière de consommation d'espace, dont ils ont à justifier dans le cadre de leur rapport de présentation. Plus récemment, l'apparition des SRADDET dans le cadre de la [loi NOTRe](#) (2015) a renforcé l'échelon régional dans l'organisation spatiale et territoriale de l'espace. Bien que pouvant faire l'objet d'évolutions régulières, ces documents de planification permettent de définir un objectif et une trajectoire pour atteindre des objectifs définis. En ce qui concerne l'objectif de ZAN, son intégration systématique au sein de ces documents ne semble pas constituer un frein, bien au contraire puisqu'il pourrait constituer un fil conducteur pour orienter et aider à la mise en œuvre d'autres actions favorables aux sols et plus directement à la réduction des terres artificialisées.

Aussi, les documents de planification sont au cœur de la traduction spatiale stratégique et opérationnelle effective des objectifs soulevés par l'objectif de ZAN (Cormier *et al.*, 2020). Outre la question du renforcement réglementaire de ces outils, c'est véritablement la question de l'articulation des échelles et de la bonne hiérarchie des normes qui se pose. Parvenir à améliorer l'efficacité de cette articulation pour garantir la cohérence des orientations de chaque échelon est un objectif primordial pour limiter l'artificialisation (Cf. **Figure 12**).

Le projet de loi portant sur la lutte contre le dérèglement climatique et le renforcement de la résilience face à ses effets va apporter un cadre aux collectivités, ce qui constituera une avancée notable pour la traduction réglementaire de l'objectif de ZAN. Comme le précise l'exposé des motifs du projet de loi, « *cet objectif est intégré par l'article 49 au niveau des documents de planification régionale, avant d'être ensuite décliné par lien de compatibilité aux niveaux intercommunal et communal dans les documents infrarégionaux* ». Un ensemble d'articles permet également de préserver les zones naturelles protégées et sensibles face au risque d'artificialisation, notamment via la stratégie nationale pour les aires protégées 2020-2030 et l'exercice du droit de préemption dans les ENS.

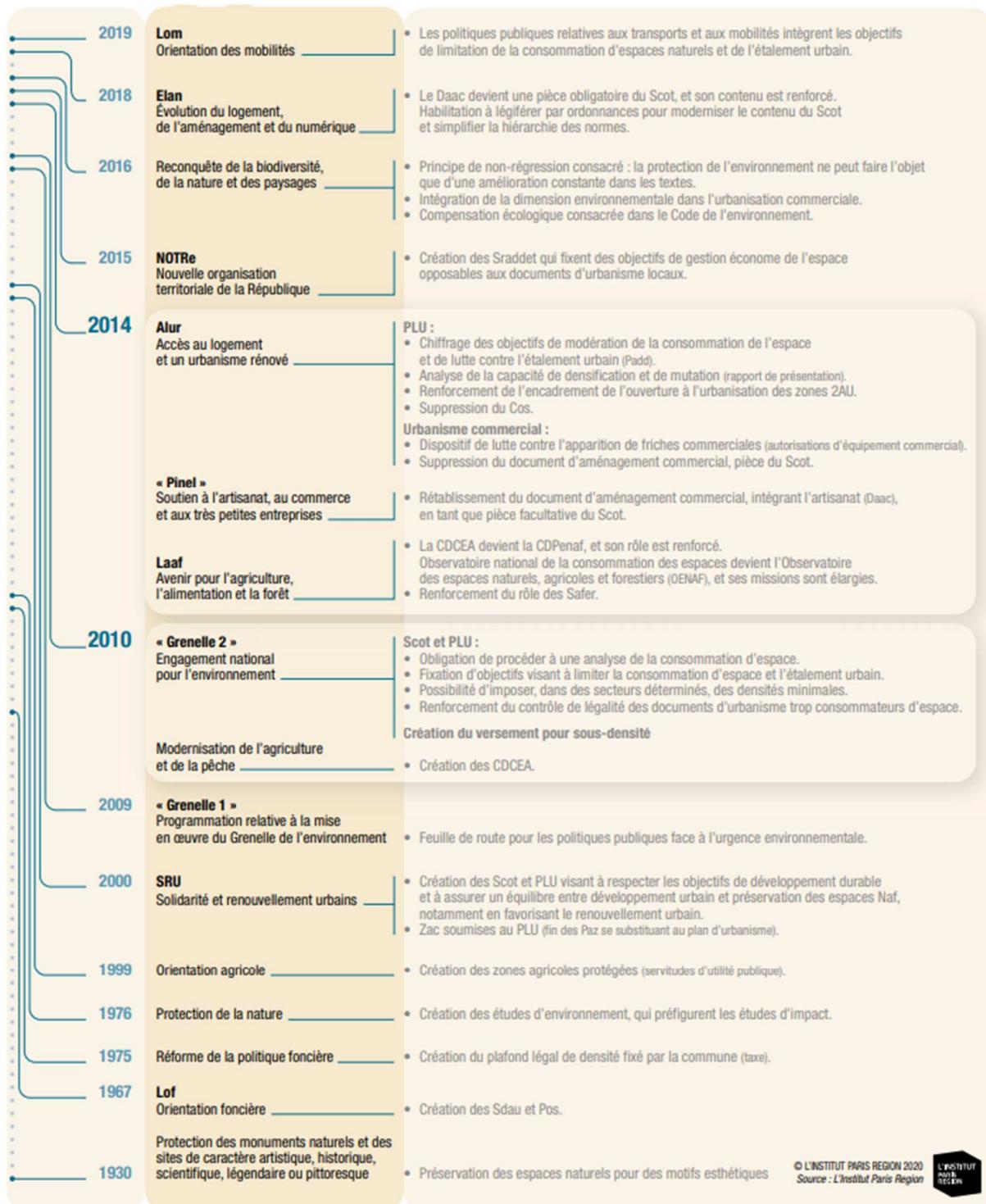


Figure 11 : Évolution des dispositions législatives en faveur de la sobriété foncière (Source : L'Institut Paris Région)

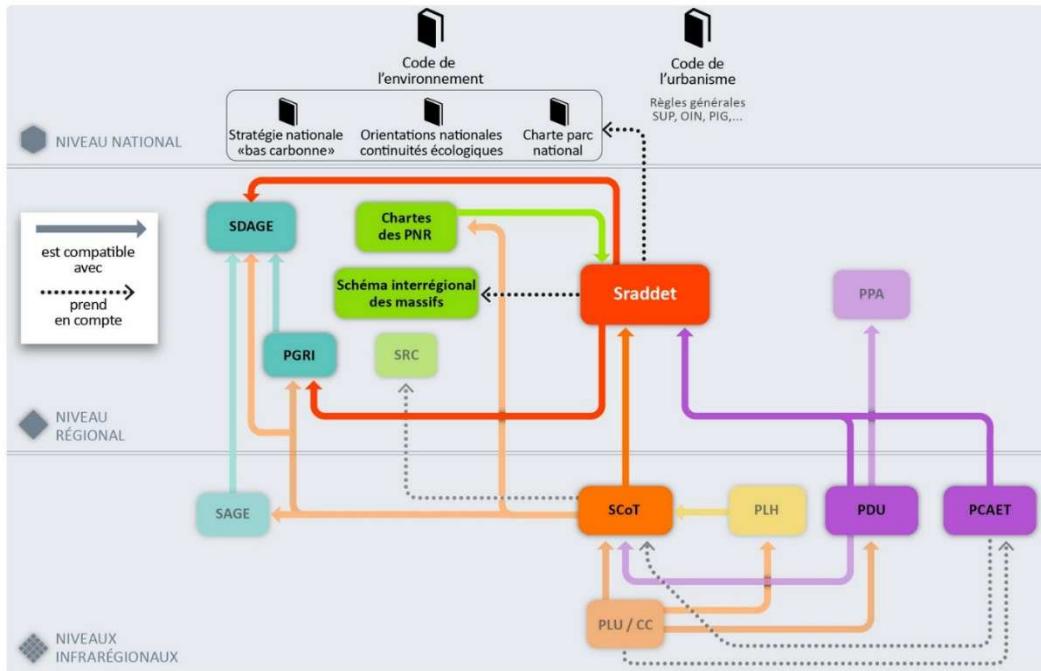


Figure 12 : Articulation des documents de planification : le PLU doit être compatible avec le SCOT, qui doit lui-même être compatible avec les orientations du SRADDET (Source : L’Institut Paris Region)

2.1.1.1. Échelon régional (Sraddet)

La loi n°2015-991 du 7 août 2015 portant nouvelle organisation territoriale de la République, dite loi NOTRe, a instauré le schéma régional d’aménagement, de développement durable et d’égalité des territoires (Sraddet). Document de planification stratégique et prescriptif devant être élaboré par la Région, le Sraddet a pour vocation d’asseoir la compétence régionale de mise en cohérence et d’articulation des politiques publiques. Il a également pour objet de rationaliser les documents de planification d’échelle régionale, dont il doit intégrer certaines composantes pour devenir le principal schéma de référence.

Ainsi, l’Île-de-France, la Corse et les régions d’Outre-mer ne font désormais plus figures d’exceptions avec leurs plans ou schémas réglementaires d’échelle régionale, même si des différences sensibles de contenu et de procédure perdurent.

Comme précisé dans le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, les Sraddet doivent définir des objectifs et des règles générales en matière de « gestion économe de l’espace » et de « protection et restauration de la biodiversité », à articuler, au sein du même document, avec ceux relatifs au climat, aux transports et aux déchets. Ils constituent ainsi la première pierre d’un édifice qui encadre les documents d’urbanisme.

Par ailleurs, les Sraddet sont amenés à orienter des choix d’aménagement ayant une incidence plus ou moins directe sur la consommation d’espace, à travers la détermination des projets de transports, des futurs axes routiers et des grands équipements publics. La définition d’orientations en matière d’habitat, territorialisées selon les spécificités locales, permet d’encourager des politiques en faveur de l’intensification des espaces urbanisés, de la mixité des logements ou de l’accès aux services et équipements de proximité. En impulsant une politique foncière d’abord axée sur l’analyse et le potentiel de réutilisation des friches et des terrains vacants, les Sraddet peuvent là aussi concourir à la lutte contre la consommation d’espace.

La phase récente d'élaboration a ainsi été l'occasion d'afficher au sein des documents des objectifs en faveur de l'objectif de ZAN, mais leur portée réglementaire reste limitée. Les Sraddet fixent un horizon régional, plus ou moins territorialisé, et c'est aux SCoT et PLU(i) que revient la charge de traduire localement l'objectif de sobriété foncière, ce qui peut interroger quant aux réelles capacités d'encadrement et de suivi des objectifs locaux de consommation d'espace.

Tableau 5 : Objectifs de réduction du rythme de consommation d'espace affichés dans les SRADDET, à l'horizon 2050 (Source : L'Institut Paris Région)

	2025	2030	2035	2040	2050
Auvergne-Rhône-Alpes	Non communiqué				
Bretagne		-50%	-75%		
Bourgogne-Franche-Comté			-50%		ZAN
Centre-Val de Loire	-50%				ZAN
Grand Est		-50%			-75%
Hauts-de-France		-67%		-75%	-83%
Normandie		-50%			
Nouvelle-Aquitaine	Non communiqué				
Occitanie				ZAN	
Sud		-50%			
Pays de la Loire	Non communiqué				

La comparaison des différentes trajectoires engagées par les régions en faveur de la réduction de leur rythme de consommation d'espace fait ressortir la diversité des situations. Si quelques régions inscrivent l'atteinte de l'objectif de ZAN dans leur Sraddet avant 2050, les modalités de réalisation et les jalons nécessaires de baisse de la consommation ne sont pas toujours mentionnés, pouvant entraîner des difficultés dans le suivi de l'objectif régional à l'échelle des territoires.

Au regard de ces différentes trajectoires, un travail prospectif mériterait d'être mené pour estimer dans quelle mesure la somme de tous les objectifs régionaux s'inscrit bien dans l'ambition nationale ZAN. Cette démarche pourrait s'inspirer des [récents travaux de l'Association négaWatt](#), soutenus par l'ADEME et la Caisse des Dépôts, qui ont souligné que l'agrégation des Sraddet à l'échelle nationale ne permet pas d'atteindre les objectifs de long terme que la France s'est fixés en matière de neutralité carbone. L'ADEME travaille également sur une méthode d'évaluation des politiques climatiques et des stratégies de neutralité carbone à l'échelle régionale (SRADDET). Ces travaux pourraient s'inscrire dans un observatoire en ligne avec les ambitions, visant à mettre en regard les objectifs nationaux et la réalité mesurée, en prenant également en compte les trajectoires inscrites au sein des SCoT et PLUi en vigueur. Il est également important de noter que le Commissariat Général du Développement Durable (CGDD) du MTE mène actuellement un travail prospectif sur la question des trajectoires pour l'atteinte de l'objectif de ZAN, dont les résultats devraient alimenter les prochains scénarios prospectifs de l'ADEME en matière d'impact de la consommation d'espaces NAF et de ZAN. Si les Sraddet se contentent de définir une trajectoire chiffrée globale, il pourrait être intéressant de décliner des objectifs selon des catégories fines, en déclinant à titre d'exemple les secteurs économiques (infrastructures de transport, industrie, habitat, commerce, etc.). En complément, il serait également nécessaire d'identifier ou poursuivre l'identification du foncier disponible pour mettre en place les mesures de réduction de l'artificialisation, à la fois en termes de foncier disponible, mais également de mutabilité des sites dans les zones urbaines ou péri-urbaines en particulier. Ce recensement déjà engagés à certaines échelles doit être poursuivi,

probablement dans le cadre des AMI et autres appels d'offres lancés actuellement sur les thématiques des friches, de la sobriété foncière ou encore de l'objectif ZAN.

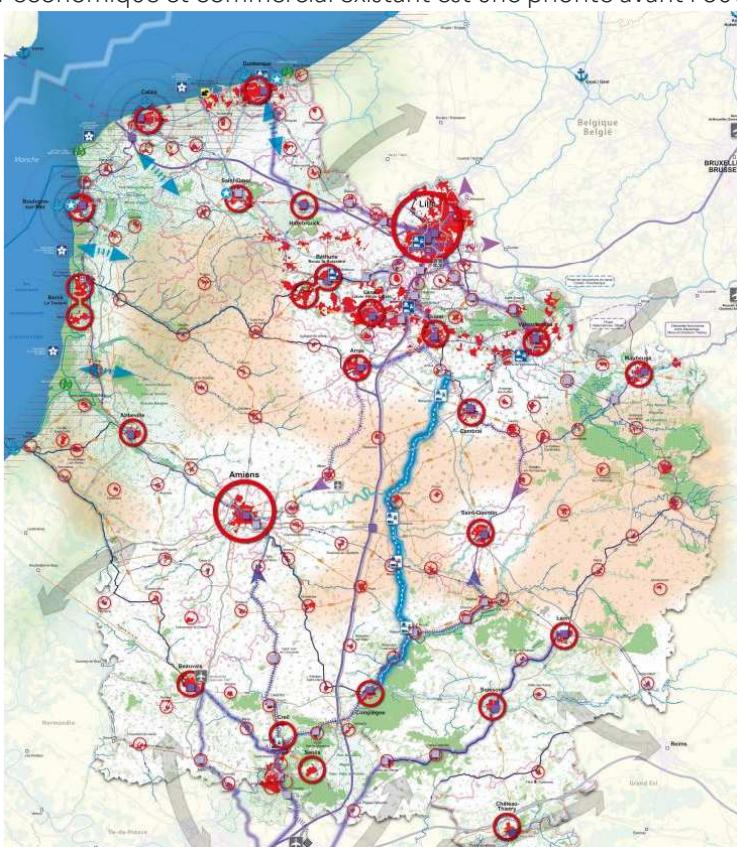
Concernant les indicateurs de suivi, les Sraddet sont actuellement en train de les définir, mais les modalités diffèrent selon les régions. Ils tournent généralement autour de la notion d'évolution de la tache urbaine, de disparition d'ENAF, d'évolution de la part de renouvellement, etc. Concernant la mesure, cela varie grandement selon les régions : certaines mettent en avant des observatoires locaux (Hauts-de-France), d'autre se basent sur les fichiers fonciers, tandis que certaines ne mentionnent pas d'outils et relaient ce travail d'observation vers les documents d'urbanisme de rang inférieur.

Tendre vers l'objectif de zéro artificialisation nette : l'exemple du Sraddet Hauts-de-France

Adopté le 30 juin 2020, [le Sraddet des Hauts-de-France](#) (Région Hauts-de-France, 2020) a inscrit dans son rapport d'objectif l'ambition de tendre vers l'objectif de ZAN après 2050. Pour y parvenir, le document pose des jalons visant à préserver de manière croissante les surfaces agricoles, naturelles et forestières :

- Une division par 3 à l'horizon 2030 du rythme d'artificialisation des sols observé entre 2003 et 2012 (soit 500 ha/an)
- Une division par 4 à l'horizon 2040 (soit 375 ha/an)
- Une division par 6 à l'horizon 2050 (soit 250ha/an)

Le document précise par ailleurs que les territoires orientent la consommation d'ENAF prioritairement en faveur de projets de développement économique, mais que l'optimisation et le renouvellement du foncier économique et commercial existant est une priorité avant l'ouverture ou l'extension de nouvelles



zones.

Figure 13 : Carte de synthèse du Sraddet de la région Hauts-de-France (Source : Région Hauts-de-France, 2020)



Imposer des règles en faveur du renouvellement urbain et de la densité des opérations : le Sraddet Centre-Val de Loire

Dans son fascicule de règles, [le Sraddet de la région Centre-Val de Loire](#) (2020) énonce deux règles visant à renforcer le renouvellement urbain et la densité des nouvelles opérations.

EQUILIBRE DU TERRITOIRE



Enoncé de la règle n°6 : Définir une part minimale de l'offre nouvelle de logements en renouvellement urbain et réhabilitation de l'existant

Lors de leur réflexion sur l'offre de logements (publique et privée), les schémas de cohérence territoriale (SCoT) déterminent une part minimale de l'offre nouvelle de logements produits en renouvellement urbain et réhabilitation du bâti existant.

EQUILIBRE DU TERRITOIRE



Enoncé de la règle n°7 : Définir des objectifs de densité de logements pour les opérations d'aménagement

Les Schémas de cohérence territoriale et les Plans locaux d'urbanisme définissent des objectifs de densité de logement pour les opérations d'aménagement, en renouvellement urbain comme en extension le cas échéant.

L'analyse des densités de logement se comprend ici comme la mesure du nombre de logements par hectare.

Ces objectifs de densité devront être définis en tenant compte des caractéristiques et de la qualité patrimoniale bâtie, paysagère (dans les villes historiques et centres-bourgs en particulier) et naturelle, et des besoins éventuels de qualification ou de réaménagement des espaces publics. Ils sont à adapter aux spécificités des tissus bâties locaux et à la variété des formes urbaines. Ils peuvent s'exprimer par des fourchettes et des seuils.

Figure 14 : Extraits du Sraddet Centre-Val de Loire (Source : Région Centre-Val de Loire, 2020)



La requalification des friches dans le Sraddet Normandie



3. Mener une politique foncière ambitieuse

- OBJECTIF 50 -

OPTIMISER LA GESTION DE L'ESPACE PAR LA REQUALIFICATION DES FRICHES

Figure 15 : Extrait du Sraddet Normandie (Source : Région Normandie, 2020))

Dans son rapport d'objectifs, [le Sraddet Normandie](#) (Région Normandie, 2020), adopté par la Région en juillet 2019, prévoit un objectif d'optimisation de la gestion de l'espace par la requalification des friches. Le document s'appuie sur les expertises et aides existantes, dont celles de l'établissement public foncier (EPF) ou de l'ADEME, et ambitionne de pousser davantage ce processus de réutilisation des friches, notamment les friches polluées qui constituent une part importante du gisement de la région.

Le Sraddet prévoit la requalification des friches pour accueillir une diversité d'usages possibles, que ce soit pour de l'habitat ou de nouvelles activités économiques, mais aussi des espaces verts et publics. Sur ce dernier point, le fascicule de règles du Sraddet insiste dans sa règle n°1 « favoriser la nature en ville » sur le rôle écologique de certaines friches urbaines ou dents creuses, qu'il faut préserver pour en faire des îlots de quiétude de type parcs ou espaces de nature « en libre évolution ».

Leur potentiel comme réserves de biodiversité et terrains propices au développement d'une agriculture locale de proximité est également évoqué, tout comme leur capacité à accueillir des usages temporaires qui peuvent s'avérer un moyen d'accélérer la mutation des friches.

2.1.1.2. Échelon du SCoT

Créé par la [loi relative à la solidarité et renouvellement urbains \(SRU\)](#), le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) est un document de planification stratégique à moyen et long terme. Son périmètre n'est pas imposé par le Code de l'urbanisme, qui mentionne différents critères pour le définir, et peut épouser différentes échelles (aire urbaine, bassin de vie, bassin d'emploi).

Le SCoT doit [respecter les principes du développement durable](#) :

- Principe d'équilibre entre le renouvellement urbain, le développement urbain maîtrisé, le développement de l'espace rural et la préservation des espaces naturels et des paysages ;
- Principe de diversité des fonctions urbaines et de mixité sociale ;
- Principe de respect de l'environnement.

Outre sa fonction d'articulation de plusieurs politiques sectorielles (organisation de l'espace et d'urbanisme, d'habitat, de mobilités, d'aménagement commercial, d'environnement, etc.), le SCoT vise à limiter l'extension urbaine, notamment en présentant une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) au cours des dix années précédant l'approbation du schéma. Il justifie par ailleurs les objectifs chiffrés de limitation de cette consommation, et identifie, en prenant en compte la qualité des paysages et du patrimoine architectural, les espaces dans lesquels les plans locaux d'urbanisme doivent analyser les capacités de densification et de mutation.

À ce sujet, les SCoT disposent d'une palette d'outils pour densifier ou inciter à la densification. La loi Grenelle 2 prévoit ainsi la possibilité pour les documents d'urbanisme d'imposer une densité minimale, en particulier s'agissant du Scot qui, à ce titre, peut être très directif à l'égard du PLU :

- En imposant dans certains secteurs un minimum au plafond de densité des PLU ;
- En définissant des secteurs à proximité des transports collectifs, dans lesquels les PLU doivent imposer une densité minimale de construction ;
- En interdisant l'ouverture de nouvelles zones à l'urbanisation tant que les zones déjà ouvertes ne sont pas urbanisées.

Deux ordonnances ont récemment été publiées dans le but de moderniser et de simplifier le SCoT (Cerema, 2020a). Ce renouvellement du document interpelle principalement l'objectif de ZAN par l'introduction d'une nouvelle disposition, invitant le Document d'orientations et d'objectifs à fixer des objectifs chiffrés de densification, en miroir des objectifs chiffrés de consommation économe de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain déjà exigés. Ces objectifs viennent remplacer des dispositifs incitant à la densification plus ciblée – à l'instar de la possibilité de fixer des secteurs de densité minimale à respecter par les PLU avec des valeurs plancher pour les densités maximales fixées par les PLU aujourd'hui facultatifs et peu mis en œuvre (Cocquière, 2020b).

En matière d'encadrement du développement des équipements commerciaux consommateurs d'espace, le SCoT a récemment bénéficié d'un renforcement de ses dispositions. Ainsi, le document d'aménagement artisanal et commercial (Daac), redevenu une pièce obligatoire du SCoT en 2018, doit définir des conditions d'implantation de ces équipements privilégiant la consommation économe d'espace (par exemple : compacité des bâtiments, utilisation prioritaire des surfaces commerciales vacantes ou optimisation du stationnement)²⁰.

L'armature territoriale au cœur du projet de SCoT : la « ville-archipel » du SCoT du Pays de Rennes

Révisé en 2015, le SCoT du Pays de Rennes (Pays de Rennes, 2015) énonce comme orientation première de son Projet d'aménagement et de développement durables la consolidation de son armature territoriale. Le SCoT promeut la « ville-archipel », un modèle de développement multipolaire organisé autour d'un cœur de métropole. Cette organisation spatiale permet de préserver une agriculture performante et des espaces naturels à proximité de la centralité rennaise, tout en assurant l'accueil des populations et des activités dans des centralités de différents rangs.

Le SCoT définit ainsi 4 niveaux de polarités :

- Avec d'abord, le Cœur de métropole, premier maillon de l'armature urbaine, dont la vocation est d'accueillir la majeure partie du développement du territoire et de centraliser les principales fonctions métropolitaines et les grands équipements ;
- Puis les pôles structurants de bassin de vie, dont la vocation est de structurer le développement de l'arrière-pays ;
- Puis les pôles d'appui au cœur de métropole, qui assurent un rôle d'équilibre et de développement de la zone la plus dense du Pays de Rennes tout en ayant une forte connectivité vis-à-vis du Cœur de métropole ;
- Et enfin les pôles de proximité, dont la fonction est d'incarner des lieux de vie et des centres de services de proximité dans le territoire.

Cette structuration a permis au SCoT de territorialiser les capacités maximales d'extension urbaine, en fonction de la typologie de chaque commune et dimensionnées au regard de leur propre échéance et de

²⁰ Article L.141-17 du Code de l'urbanisme, dans sa rédaction issue de la loi du 23 novembre 2018 portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique. Ces dispositions s'appliquent aux Scot prescrits postérieurement à la publication de ladite loi. 5. Hors Île-de-France, Corse et régions d'outre-mer, qui disposent de documents spécifiques.

leurs propres besoins. Il fixe par ailleurs des densités minimales d'urbanisation à destination d'habitat, différencierées en fonction de l'armature urbaine.

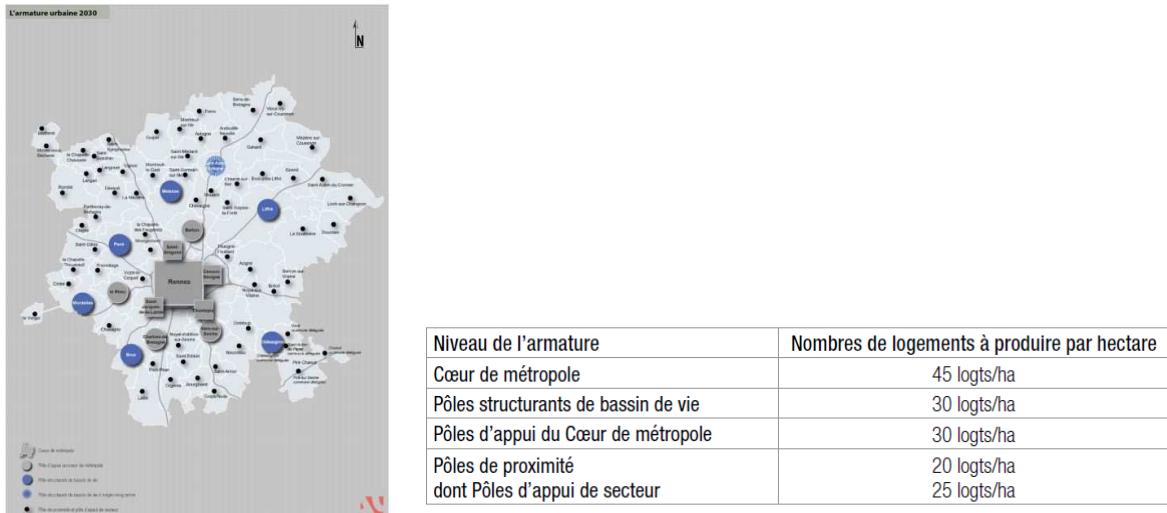


Figure 16 : Extraits du DOO du SCot du Pays de Rennes (Source : Pays de Rennes, 2015)

La mise en place d'une charte agricole pour sécuriser la production alimentaire : l'exemple du SCoT de Roissy Pays de France

Considéré comme un « grenier à blé » de la France, le territoire de Roissy Pays de France se caractérise par la prédominance de ses espaces agricoles, qui constituent plus de la moitié du territoire. [Le SCoT](#) (Roissy Pays de France, 2019) a ainsi souhaité préserver ces espaces à long terme et maintenir les conditions d'exercice de l'activité agricole, tout en développant d'autres formes d'agriculture (telles que l'agriculture de proximité) et en soutenant les innovations et les expérimentations à travers le développement des circuits-courts.

La communauté d'agglomération a ainsi inscrit la protection de 16 245 hectares de terres agricoles à travers la charte interdépartementale Val-d'Oise – Seine-et-Marne. Rendue opposable dans le SCoT, la charte agricole a donc significativement limité les potentialités d'extension accordées par le Schéma directeur de la région Ile-de-France (SDRIF), les élus ayant convenu de limiter l'enveloppe maximale d'extension à 1422 hectares à l'horizon 2030, soit 55% seulement du potentiel théorique maximal. Concrètement, cette réduction s'est traduite par la suppression d'un certain nombre de potentiels cartographiés offerts par le SDRIF compte tenu des espaces agricoles protégés et identifiés par la charte.

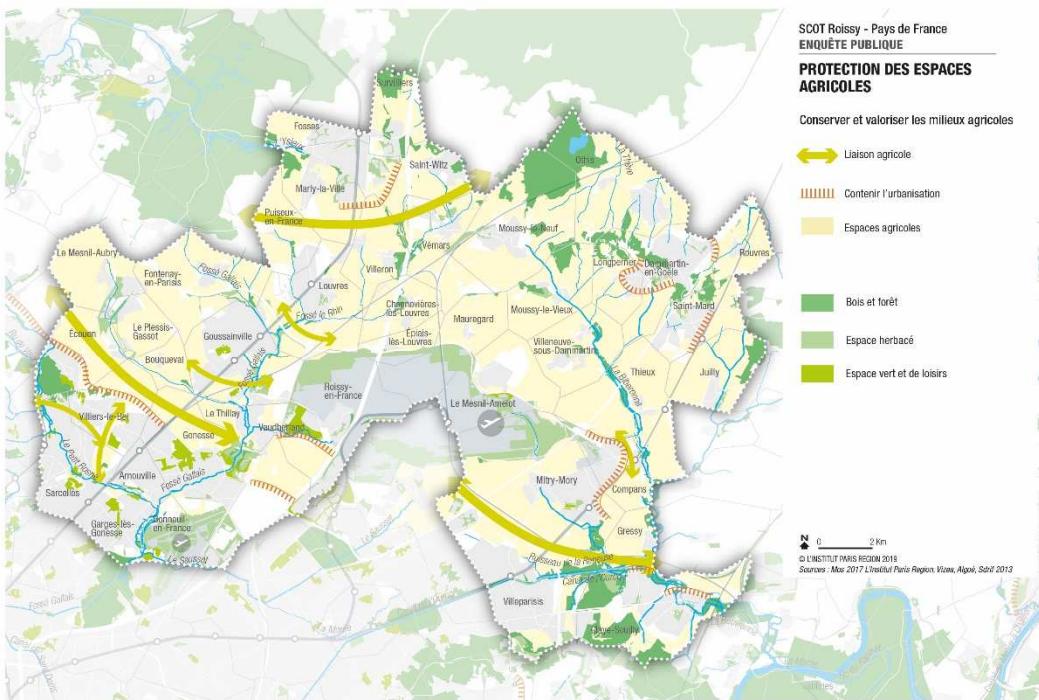


Figure 17 : Extrait du SCOT de Roissy - Pays-de-France (Source : Roissy Pays de France, 2019)

La meilleure efficacité des formes urbaines en zones peu denses : le SCOT du syndicat mixte du Pays de Pontivy

Le SCOT du Pays de Pontivy (2016) a souhaité renforcer la compacité de son développement urbain pour renforcer l'attractivité de ses centres-villes et centres-bourgs. Face à un contexte de forte augmentation du rythme d'apparition des surfaces artificialisées, le Projet d'aménagement et de développement durables du SCOT fait ainsi de la densification des dents creuses et du renouvellement des centralités anciennes une priorité.

Pour se faire, le document inscrit 8 principes à favoriser pour assurer au mieux le renouvellement des typologies bâties du Pays de Pontivy :

1. Le renouvellement urbain et le comblement des dents creuses
2. La réhabilitation de l'habitat ancien et la résorption de la vacance
3. La qualification de l'espace rue et la place de la voiture
4. Point d'accroche et compacité urbaine
5. L'intégration des transitions entre les espaces publics et privés
6. L'attractivité du petit immeuble collectif
7. Le traitement des entrées de ville et des franges urbaines
8. L'approche bioclimatique et la HQE (Haute qualité environnementale)

2.1.1.3. Échelon local

Le Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) est un document d'urbanisme réglementaire qui permet une coordination à l'échelle d'un territoire dans son ensemble et fixe le droit des sols opposable aux autorisations d'urbanisme. Dans un contexte où les enjeux des politiques d'aménagement se situent de plus en plus à l'échelon intercommunal, le PLUi permet de dépasser les limites communales et de se doter d'une vision stratégique vis-à-vis des grandes thématiques que sont l'environnement, la mobilité, le développement urbain, l'économie, etc. (Mauroux, 2017). La couverture nationale des PLUi ne cesse de s'étendre à la faveur des récentes dispositions législatives, dont la loi pour un Accès à un logement et un urbanisme rénové (Alur) du 24 mars 2014 qui a fait de la compétence PLU une compétence de droit des communautés de communes et des communautés d'agglomération, tout en prévoyant le transfert automatique de la compétence PLU aux EPCI au plus tard le 27 mars 2017. Les derniers recensements font état de 616 intercommunalités compétentes au 31 décembre 2018 pour élaborer un plan local d'urbanisme à leur échelle, soit près de la moitié (47%). On assiste dès lors ces dernières années à une montée en puissance du PLU intercommunal (PLUi) à l'échelle nationale (Schmit, 2017). Le rôle des intercommunalités s'avère ainsi central dans la mise en œuvre du de l'objectif de ZAN (AdCF, 2020).

Tout comme le Plan local d'urbanisme (PLU), le PLUi a la capacité de rendre des arbitrages fonciers sur les modes d'occupation des sols au niveau de la parcelle. Cette capacité confère au document un rôle primordial dans l'objectif de réduction de la consommation de l'espace et d'optimisation des tissus urbanisés.

Ainsi, dans son projet d'aménagement et de développement durables, le PLU(i) ou le PLU est tenu de définir, en vertu de [l'article L151-5 du Code de l'urbanisme](#) :

- Les orientations générales des politiques d'aménagement, d'équipement, d'urbanisme, de paysage, de protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, et de préservation ou de remise en bon état des continuités écologiques ;
- Les orientations générales concernant l'habitat, les transports et les déplacements, les réseaux d'énergie, le développement des communications numériques, l'équipement commercial, le développement économique et les loisirs. Il fixe des objectifs chiffrés de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain.

Par ailleurs, selon l'article [L151-4 du Code de l'urbanisme](#), le rapport de présentation du PLU :

- Analyse la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers au cours des dix années précédant l'arrêt du projet de plan ou depuis la dernière révision du document d'urbanisme ;
- Analyse la capacité de densification et de mutation de l'ensemble des espaces bâtis, en tenant compte des formes urbaines et architecturales ;
- Analyse les dispositions qui favorisent la densification de ces espaces ainsi que la limitation de la consommation des espaces naturels, agricoles ou forestiers ;
- Justifie les objectifs chiffrés de modération de la consommation de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain compris dans le projet d'aménagement et de développement durables au regard des objectifs de consommation de l'espace fixés, le cas échéant, par le schéma de cohérence territoriale (SCoT) et au regard des dynamiques économiques et démographiques.

Le PLU(i) dispose en outre d'un outil intéressant pour fixer des objectifs localisés en matière de consommation d'espace, de préservation des ressources ou d'optimisation de l'existant, à travers les Orientations d'Aménagement et de Programmation, OAP. Elles peuvent à cet effet :

- Définir les actions et opérations nécessaires pour mettre en valeur l'environnement, notamment les continuités écologiques, les paysages, les entrées de villes et le patrimoine, lutter contre l'insalubrité, permettre le renouvellement urbain, favoriser la densification et assurer le développement de la commune ;
- Favoriser la mixité fonctionnelle ;
- Comporter un échéancier prévisionnel de l'ouverture à l'urbanisation des zones à urbaniser et de la réalisation des équipements correspondants ;

- Porter sur des quartiers ou des secteurs à mettre en valeur, réhabiliter, restructurer ou aménager.

Enfin, le PLUi peut définir dans son règlement des secteurs dans lesquels une majoration de la constructibilité est accordée (pour construire du logement ou des bâtiments exemplaires d'un point de vue environnemental ou énergétique par exemple).

Un exemple de bonne articulation entre SCoT et PLUi : le Plan local d'urbanisme intercommunal de Grenoble – Alpes Métropole

Le Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT) de la Région Urbaine Grenobloise (Établissement Public du SCoT de la grande région de Grenoble, 2012) définit des objectifs chiffrés en matière de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers et de limitation de l'étalement urbain. Le PLUi de Grenoble-Alpes Métropole reprend ces orientations et les décline à l'échelle intercommunale, s'inscrivant pleinement dans le cadre des orientations et objectifs donnés par le SCOT. Ainsi, le Projet d'aménagement et de développement durables affiche des objectifs forts de réduction de la consommation d'espaces naturels et agricoles, d'au moins 35% par rapport aux 10 dernières années. Le PLUi fixe en outre un seuil minimal de construction de logements en renouvellement urbain ou par densification des unités foncières déjà bâties ou non bâties, estimé à plus de 50%.

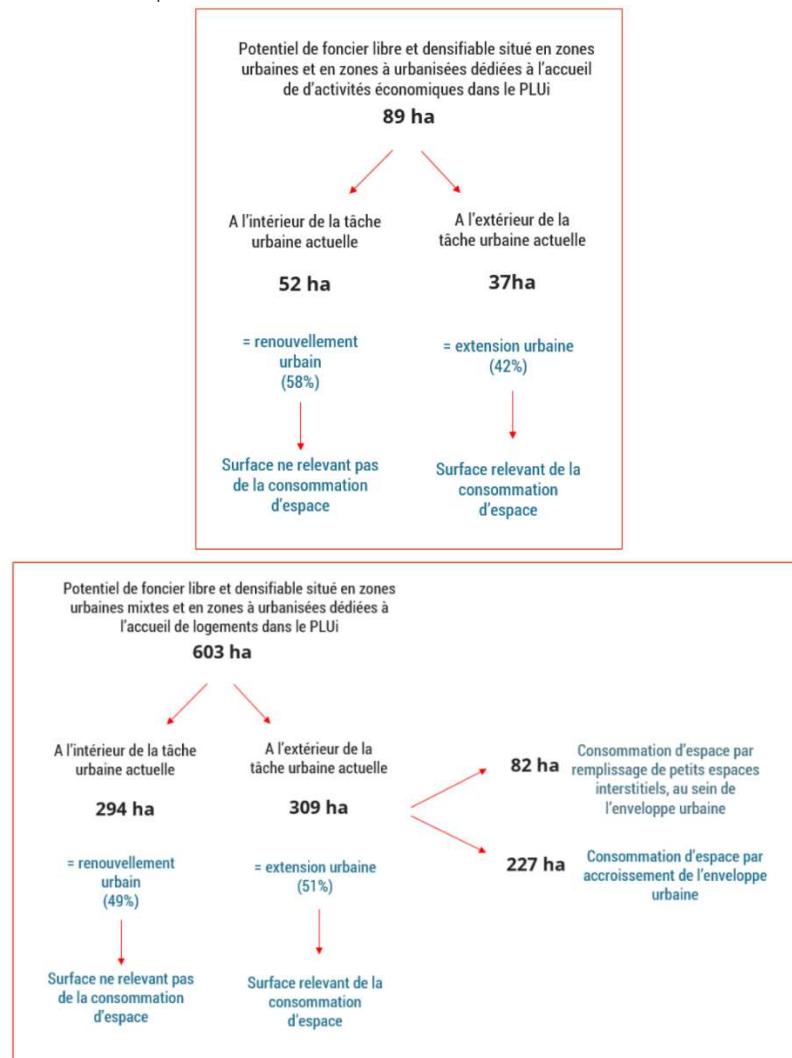


Figure 18 : Extraits du PLU de Grenoble – Alpes Métropole (Source : Établissement Public du SCoT de la grande région de Grenoble, 2012)

Le PLUi d'Angers Loire Métropole : privilégier l'intensification des espaces urbanisés

Dans le cadre de l'élaboration du [PLUi d'Angers Loire Métropole](#) (Angers Loire Métropole, 2017) l'agglomération s'est interrogée sur ses prévisions en construction de nouveaux logements, fortement consommateurs de foncier agricole. Cette réflexion a amené les élus à réajuster leurs ambitions en matière de création de logements, passant de 40 000 à 27 300 à l'horizon 2027.

Par ailleurs, le PLUi a fléché 75% de ces nouveaux logements dans le pôle centre de l'agglomération, 17% au sein des autres polarités et 8% seulement dans les autres communes. À chacun de ces territoires a été attribué un objectif chiffré de renouvellement urbain pour le développement résidentiel du territoire, s'établissant à respectivement 50%, 20% et 10%.

En matière de foncier économique, l'analyse des capacités de renouvellement mobilisables pour répondre aux besoins à vocation économique, réalisée grâce à un diagnostic associant mobilisation des données foncières et travail de terrain, a permis de revoir les prévisions en extension, et d'afficher un taux de renouvellement des nouvelles activités à hauteur de 60%.

Le projet de PLUi a donc décidé de mettre la priorité sur le renouvellement urbain, en privilégiant l'intensification des espaces déjà urbanisés et en favorisant des densités renforcées. Cette volonté permet à l'agglomération d'afficher une réduction de 30% de sa consommation foncière en comparaison avec les dix dernières années avant l'arrêt du PLUi.

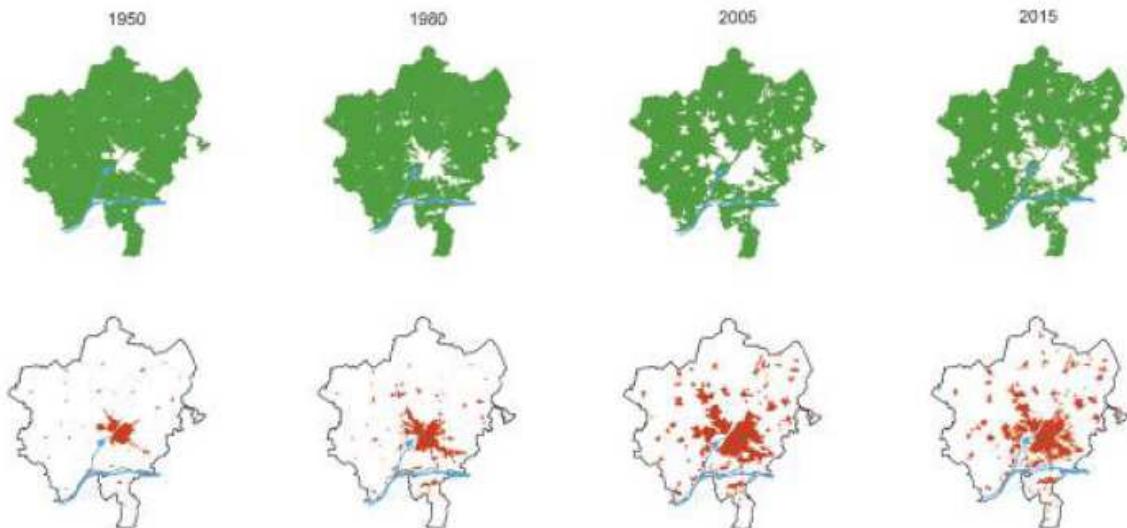


Figure 19 : Évolution de la consommation des espaces naturels et agricoles entre 1950 et 2015, extrait du PADD du PLUi de Angers Loire Métropole (Source : Angers Loire Métropole, 2017)

2.1.1.4. Autres outils et dispositifs spécifiques

La palette des instruments concourant à limiter la consommation d'espace est vaste. Aussi, c'est la complémentarité des différents outils qui doit être recherchée, notamment entre documents de planification et dispositifs spécifiques de protection. Le PLU(i) peut à ce titre instaurer des outils de protection tels que les ZAP (zones agricoles protégées) et les espaces naturels agricoles et périurbains :

- Introduites par la loi d'orientation du 9 juillet 1999, les zones agricoles protégées visent à classer des espaces agricoles présentant un intérêt général en raison soit de la qualité de leur production, soit de leur situation géographique ;
- Les espaces naturels agricoles et périurbains viennent remplacer depuis 2015 les « périmètres de protection des espaces agricoles et naturels périurbains » (PAEN), en vigueur depuis la loi du 23 février 2005. Relevant de la compétence du conseil départemental, cet outil peut également être mis en place par un EPCI à travers son SCoT. Il permet la mise en œuvre d'une politique de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains (Cerema, 2017).

L'efficacité de ces dispositifs spécifiques de protection reste toutefois peu connue. Au niveau national, le dernier rapport dressant un bilan de ces outils, intitulé « Protéger les espaces agricoles et naturels face à l'étalement urbain », remonte à 2009 (sous l'égide du Conseil général de l'agriculture de l'alimentation et des espaces ruraux et du Conseil général de l'environnement et du développement durable). Dans ses conclusions, le rapport soulignait une mise en œuvre assez lente des ZAP et PAEN. Il préconisait d'une part que leur programmation s'effectue au niveau des intercommunalités maîtres d'ouvrage des SCoT, et d'autre part que l'État ait recours aux projets d'intérêt général (PIG), en cas de blocage des décisions au niveau des collectivités.

En outre, d'autres instances concourent également à la limitation de la consommation d'espace dans les documents d'urbanisme, à l'image des Commissions départementales de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers (CDNPENAF), dont le champ d'intervention a été renforcé par la loi d'avenir pour l'agriculture, l'alimentation et la forêt du 13 octobre 2014, conformément à l'article L.112-1-1 du code rural et de la pêche maritime. Associant de nombreux acteurs²¹, la commission émet un avis sur l'opportunité de certaines procédures d'urbanisme dont l'approbation des documents de planification, au regard de l'objectif de préservation des terres naturelles, agricoles ou forestières. Plusieurs acteurs ont formulé des propositions visant à renforcer le rôle des CDNPENAF dans la maîtrise de l'artificialisation, en rendant notamment leurs avis prescriptifs (CEV, 2021)

2.1.1.5. L'intégration des fonctions et services rendus par les sols dans les documents d'urbanisme

Dans la planification actuelle, les documents d'urbanisme n'abordent pas directement la prise en compte de la qualité des sols (Béchet *et al.*, 2017). S'ils décident des sols à protéger de l'urbanisation, cette protection s'inscrit dans une logique de zonage de l'espace et d'organisation de la disponibilité foncière, plus que de préservation du sol au regard de ses fonctionnalités et de sa qualité. Autrement dit, « *c'est plus l'affectation souhaitée qui emporte la qualification juridique et l'usage de la zone que la qualité du sol qui conditionne l'affectation* » (*Ibid.*).

Sur ce sujet, un récent rapport du Cerema (2019a) a souligné que « *la perception des sols par les acteurs de la planification territoriale reste encore très éloignée des fonctions que les sols occupent liées à leurs qualités intrinsèques (par exemple régulation du cycle de l'eau, filtration de polluants, support d'activités humaines, habitat pour la biodiversité...), et des services qu'ils rendent à l'Homme en lien avec leur capacité à remplir une ou plusieurs de ces fonctions* ».

²¹ Représentants de l'État, des collectivités territoriales et de leurs groupements, des professions agricoles et forestières, de la chambre d'agriculture, des propriétaires fonciers, etc.

Pourtant, intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme est un enjeu majeur étant donné les nombreuses fonctions et services rendus par les sols (Desrousseaux, 2014). On distingue généralement 4 grands types de services rendus par les sols (services d'approvisionnement, services culturels, services de régulation et services de support).

Dans son diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers, l'ADEME (2019) met en avant l'intégration de la qualité des sols dans la planification territoriale comme une des cinq grandes stratégies de déploiement. L'objectif serait alors d'adapter l'usage à la qualité des sols en amont de toute décision de développement territorial.

Depuis une dizaine d'années, les travaux de recherche se multiplient pour tenter d'intégrer davantage la question de la qualité des sols dans les documents d'urbanisme. En 2012, [le projet de recherche UQUALISOL-ZU](#), financé dans le cadre du programme de recherche GESSOL du Ministère en charge de l'environnement et soutenu par l'ADEME, avait pour ambition de mettre en perspective le droit de l'urbanisme avec la connaissance scientifique de la qualité des sols. La démarche s'est concrétisée par une cartographie des différents sols d'un territoire en renseignant les fonctions et les vocations qu'ils peuvent remplir, ainsi que par des préconisations formulées dans le cadre du programme « Gessol 3 ». Elles visent à définir des indices de qualité des sols et à les intégrer dans les documents d'urbanisme.

Plus récemment, [les travaux du projet MUSE – Intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme – et SolUC3ion](#), soutenus par l'ADEME dans le cadre de l'APR MODEVAL-URBA et menés par un consortium composé du Cerema, des laboratoires CEREGE et Espace de l'Université Aix-Marseille, de l'IRSTV, de la Chambre Départementale d'Agriculture de l'Indre et de l'unité InfoSol de l'INRA, ont l'objectif de co-construire avec un panel de collectivités territoriales volontaires un outil leur permettant de mieux prendre en compte la qualité des sols de leur territoire et une meilleure transcription de ces éléments dans leurs documents d'urbanisme (Cerema, 2018). Ce projet s'appuie notamment sur les résultats issus d'UQUALISOL-ZU.

L'étude a souhaité dresser un état des lieux des pratiques existantes des collectivités territoriales, afin de dégager des bonnes pratiques et mieux comprendre le rapport des acteurs et des collectivités à la question des sols dans les démarches d'urbanisme.

Ses premières conclusions mettent en avant la faible connaissance et perception des enjeux relatifs à la qualité des sols et de leurs services par les acteurs des territoires, l'approche selon leur multifonctionnalité étant rarement abordée dans les documents d'urbanisme. Les sols y sont davantage traités par entrée thématique (pollution des sols, potentiel agronomique des espaces agricoles, etc.), ce qui limite toute approche systémique. Parmi les premières préconisations de l'étude, la meilleure sensibilisation des acteurs et la plus grande accessibilité des données relatives au sol apparaissent comme deux enjeux majeurs. Bien que le projet soit encore en cours, les expérimentations avec les collectivités ont déjà permis de proposer une première méthode pour cartographier à l'échelle du PLUi la multifonctionnalité des sols (croisant 5 fonctions des sols : habitat de biodiversité, séquestration de carbone, régulation du cycle de l'eau, recyclage des nutriments et production de biomasse). Cette cartographie peut se faire à minima à partir des cartes pédologiques et d'occupation des sols existantes. Elles ont vocation à être affinées par de l'acquisition de données sur le terrain, notamment pour les sols urbains et les zones prévues pour aménagement.

Financé également par l'ADEME, le projet SUPRA porté par l'Université de Lorraine vise quant à lui à prendre en compte les services écosystémiques rendus par les sols à l'échelle de projets d'aménagement (PLU) et recoupe ainsi le périmètre du projet MUSE. Le projet doit notamment développer des protocoles d'acquisition et de spatialisation des données « sols », qui pourront être utilisées pour alimenter la démarche du projet MUSE. Il est également prévu la conception et l'alimentation d'une base de données de référence sur les qualités des sols urbains.

Toujours au niveau français, le projet SOILVER porté par Agrocampus-Rennes et financé par l'ANR développe une méthodologie pour évaluer 11 services rendus par les sols agricoles (relatifs à la production

agricole, à la régulation des flux d'eau, à la séquestration de carbone, à l'adaptation au changement climatique) à l'échelle du SCoT grâce à des outils de modélisation renseignés par des cartes pédologiques, d'occupation du sol et d'information sur le climat et les pratiques agricoles.

Au niveau européen, le projet [SOILval – Recognising SOil values in land use planning systems](#) (porté par le BRGM avec pour partenaires l'Université catholique de Louvain, le CNAM et Biotope) a pour objectif d'étudier et d'élaborer des recommandations pour l'intégration des sols, des fonctions écologiques et des services écosystémiques associés dans les politiques d'aménagement du territoire. Cette étude a été lancée en novembre 2020 et devrait rendre ses résultats finaux fin 2021. Elle s'appuiera notamment sur les résultats des projets précédents.

Enfin, différents projets et outils de prise en compte de la qualité des sols existent parmi les autres pays européens. En juin 2020, le Conseil général de l'Environnement et du Développement durable (CGEDD) a publié une [étude de parangonnage sur les dispositifs d'information concernant la qualité des sols agricoles](#), visant à examiner la situation d'autres pays européens et proposer un déploiement de l'action 51 du Plan biodiversité, laquelle promeut l'établissement de diagnostics des sols. D'autres indicateurs de qualité du sol utilisés pour l'aménagement territorial existent en Europe (Drobnik *et al.*, 2018) :

- [BOKS](#) (BOdenKonzept Stuttgart) en Allemagne ;
- [SQUID](#) (Soil QUality InDex).

D'autres travaux sont également à souligner, tels que le projet européen [URBAN SMS \(Urban Soil Management Strategy\)](#), la publication de Calzolari *et al.* (2020) et l'outil ÖKVO (Ökokonto Verordnung) qui prend en compte la qualité des sols à des fins de compensation écologique (en Allemagne, dans le Bade Wurtemberg).

2.1.2. L'application de la séquence ERC en France

Le principe d'action préventive et de correction est un principe général du droit de l'environnement (L. 110-1 du Code de l'environnement) qui implique l'application de l'évitement, de la réduction et de la compensation. Existant dans la loi française depuis 1976 et renforcée par la Loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages de 2016, la séquence « Éviter, Réduire, Compenser » (ERC) est un outil mobilisé pour l'atteinte de l'objectif de non-perte nette de biodiversité.

La séquence « éviter, réduire, compenser » (ERC) a pour objectif d'éviter les atteintes à l'environnement, de réduire celles qui n'ont pu être suffisamment évitées et, si possible, de compenser les effets notables qui n'ont pu être ni évités, ni suffisamment réduits (**Figure 20**). Elle s'applique aux projets et aux plans et programmes soumis à évaluation environnementale ainsi qu'aux projets soumis à diverses procédures au titre du code de l'environnement (autorisation environnementale, dérogation à la protection des espèces, évaluation des incidences Natura 2000, etc.).

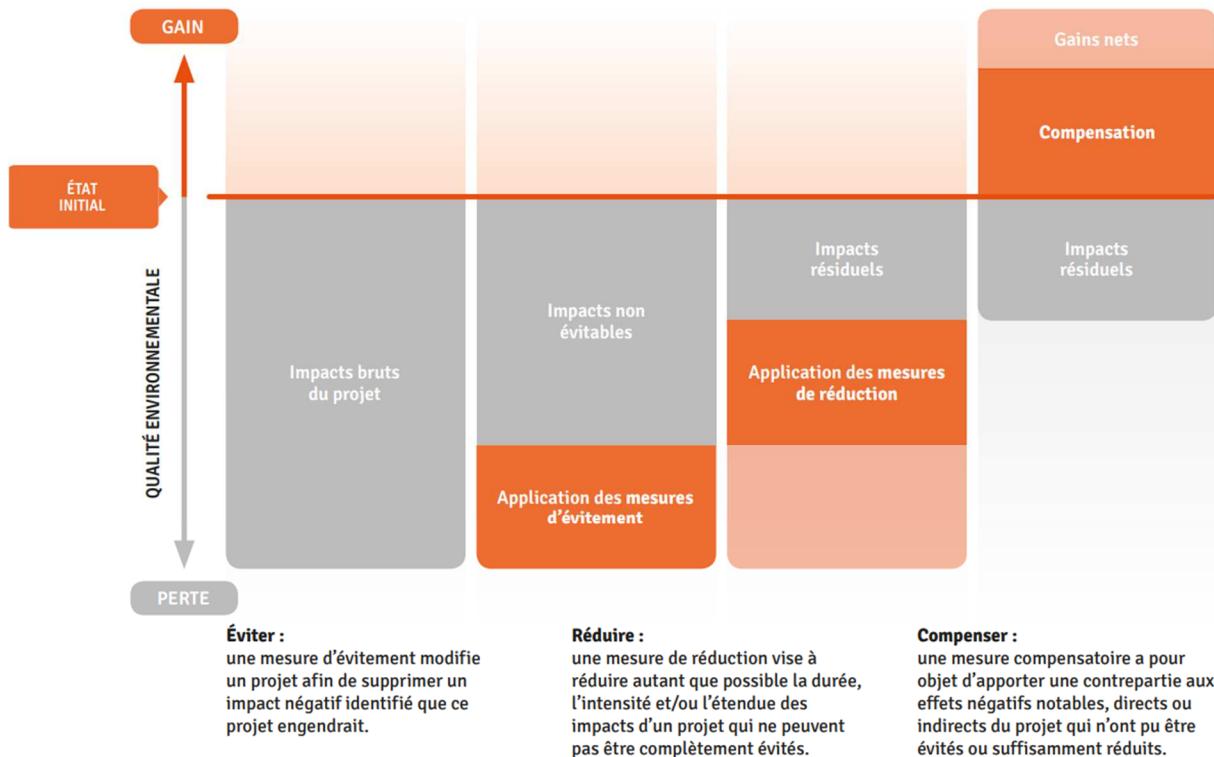


Figure 20 : La séquence "Éviter Réduire et Compenser" appliquée à la biodiversité (adapté de MTES, 2017)

Au-delà de la biodiversité, d'après le Code de l'environnement (article L 122-1), l'évaluation environnementale doit décrire et apprécier les incidences notables d'un projet, d'un plan ou d'un programme sur différents facteurs dont le sol. Aujourd'hui, il existe en effet une forte corrélation entre les projets, plans et programmes potentiellement soumis à évaluation environnementale et ceux qui provoquent l'*artificialisation*²². Toutefois, la composante « sol » est généralement mal évaluée dans les évaluations environnementales, avec au mieux des évaluations de surface mais très rarement une évaluation sur la qualité des sols et de leur dégradation.

Si en théorie l'objectif de ZAN est compris dans la séquence ERC, il est nécessaire de questionner l'efficacité de la mise en œuvre actuelle de la séquence ERC à différents niveaux et d'identifier quelles sont les limites qui influent sur son efficience à chaque étape. En pratique, de nombreuses difficultés entravent la bonne application de la séquence, en premier lieu la différence entre l'esprit de la loi qui la définit et son application.

Un premier défaut d'application provient de la composante spatiale des projets : l'évaluation environnementale et l'application de la séquence ERC ne concernent qu'une partie des projets, plans et programmes (article R. 122-2 du code de l'environnement pour les projets et dans l'article R. 122-17 du Code de l'environnement pour les plans et programmes). Les petits projets de construction (par exemple les travaux et construction qui créent une surface de plancher ou une emprise au sol inférieure à 10 000 m²) ne sont ainsi pas soumis à évaluation environnementale ; d'autres projets considérés comme intermédiaires (par exemple les travaux et constructions qui créent une surface de plancher ou une emprise au sol comprise entre 10 000 et 40 000 m²) font l'objet d'un examen au cas par cas et peuvent donc ne pas être soumis à évaluation environnementale. De même, le PLU d'une commune hors site

²² Certains projets à la marge sont soumis à ERC sans toutefois être de l'*artificialisation* des sols (par exemple le rechargeement des plages et les rejets en mer).

Natura 2000, littoral ou zone de montagne prévoyant une unité touristique nouvelle, ne fait pas l'objet d'une évaluation environnementale systématique. Pourtant, la multiplication de petits projets d'artificialisation (notamment l'habitat) provoque du mitage (Fosse *et al.*, 2019) et participe activement à la perte de sols et la fragmentation des habitats. L'addition de tous ces petits projets représenterait finalement une surface conséquente non-prise en compte par la séquence ERC. Il serait dès lors intéressant de connaître la part que représente ces petits projets par rapport au nombre de projets totaux ou par rapport à la surface totale concernée par des projets.

Concernant l'application de la réglementation elle-même, certains projets bénéficient de dérogations (article L122-3-4 du code de l'environnement) à la réalisation d'étude environnementale et ne mettent pas en place la séquence ERC (intérêt économique majeur, etc.).

Selon le MNHN, 81% des mesures compensatoires sont effectuées sur des espaces semi-naturels²³ (Weissgerber *et al.*, 2019), pour lesquelles il est raisonnable de questionner les réels gains écologiques engendrés. Plus particulièrement, la non-perte nette de biodiversité lors de l'application de la séquence ERC peut ne pas être atteinte pour diverses raisons (Weissgerber *et al.*, 2019) :

- Impacts résiduels (après l'évitement et la réduction) et besoins de compensation souvent mal évalués ;
- Choix du site peu pertinent. Effectuer une compensation sur un milieu semi-naturel (peu dégradé) apporte en général une plus-value en termes de biodiversité moindre que si la compensation était effectuée sur un milieu fortement dégradé. Une compensation à forts gains écologiques devrait se situer sur un site à fort potentiel écologique, dégradé ou artificialisé ;
- Actions de compensation à faible plus-value environnementale (gestion d'un espace naturel ou maintien d'un habitat) ;
- Surfaces de compensation en général inférieures aux surfaces impactées ;
- Temporalité pour retrouver une diversité biologique équivalente ;
- Position des sites de compensation par rapport aux sites à compenser dans le paysage ou la TVB.

Dans la pratique, si la séquence ERC intègre peu la question des sols (et encore moins celle de la biodiversité des sols) et ne permet aujourd'hui de traiter qu'une partie restreinte de la perte de biodiversité relative à l'artificialisation, elle possède un intérêt du fait de sa robustesse théorique et sa codification dans la loi. Une meilleure application de la séquence ERC tant au niveau du respect de la loi que des modalités d'application permettrait de concourir à l'objectif de ZAN en apportant une non-perte nette de biodiversité aux projets, plans et programmes qui sont pris en compte par la séquence ERC.

2.1.3. Les leviers pour appliquer la séquence ERC à l'objectif de ZAN

L'Instruction du Gouvernement du 29 juillet 2019 relative à l'engagement de l'État en faveur d'une gestion économe de l'espace préconise aux services déconcentrés de l'État de s'inspirer de la démarche « Éviter-Réduire-Compenser » pour promouvoir la sobriété dans l'aménagement du territoire.

Si la séquence ERC semble tout à fait appropriée pour traiter de concert la non-perte nette de biodiversité et la sobriété foncière (Berté, 2020), il est néanmoins nécessaire d'améliorer l'application de la séquence ERC afin de servir ces deux objectifs (Barra et Clergeau, 2020).

²³ En se basant sur la classification des habitats CORINE biotopes.

2.1.3.1. Se baser sur les liens entre construction et artificialisation

Selon le CGDD (2019), la surface artificialisée annuelle peut être représentée par la formule suivante :

$$An = [SDP \times (1-RU) / DB] - N^{24}$$

Cette équation est basée sur quatre dimensions qui permettent de décrire les liens entre construction et artificialisation (CGDD, 2019) :

- La construction en surface de plancher ;
- Le renouvellement urbain ;
- La densité du bâti ;
- La désartificialisation.

Sur cette base, plusieurs *scénario*i ont été construits en influant sur les divers paramètres de l'équation (**Figure 21**) :

- Le scénario « Tendanciel », qui suit le rythme actuel ;
- Le scénario « Logements Vacants », qui réduit la part de logements vacants ;
- Le scénario « Logements vacants & Renouvellement Urbain », qui y ajoute une augmentation du taux de renouvellement urbain ;
- Le scénario « Logements vacants & Densité bâtie », qui combine la réduction de la part de logements vacants avec une augmentation de la densité des nouvelles constructions ;
- Le scénario « Zéro artificialisation nette », qui combine les trois scénarios précédents avec une augmentation de la renaturation.

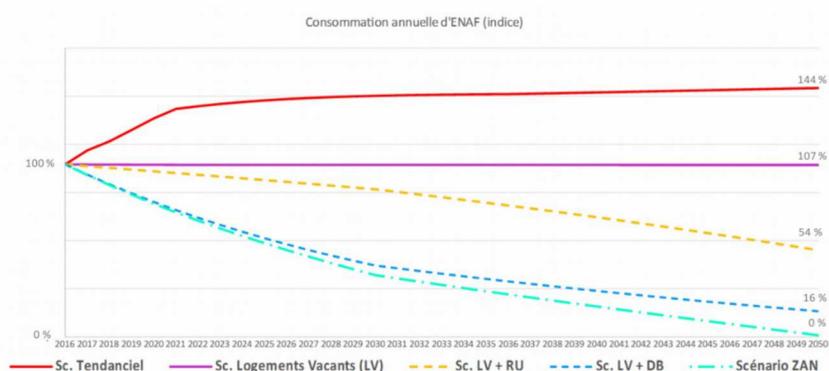


Figure 21 : Scénarios illustratifs théoriques de trajectoires de consommation d'espaces NAF par le secteur de la construction (Source : CGDD, 2019)

Le CGDD (2019) précise ainsi qu'il peut être « utile de s'inspirer du principe de la séquence ERC [...]. La façon la plus évidente d'éviter la consommation d'ENAF est de diminuer les constructions en surface de plancher [...]. La rénovation des logements vacants comme la revitalisation des centre-bourgs peuvent ainsi permettre de réduire les besoins en construction neuves. À surface de plancher construite égale, le renouvellement urbain permet aussi d'éviter de dégrader des sols naturels en recyclant et densifiant du foncier déjà artificialisé. Lorsque ces mesures d'évitement sont impossibles l'impact d'une construction artificialisante peut être réduit en améliorant sa densité bâtie. En dernier recours, des mesures de renaturation ou de restauration d'espaces naturels peuvent être engagées pour compenser les dégradations environnementales résiduelles d'une opération ».

²⁴ « An » représente la surface artificialisée nette chaque année, « SDP » la surface de plancher construite annuelle, « RU » le taux de renouvellement urbain, « DB » la densité bâtie des constructions artificialisantes et « N » les surfaces renaturées.

Le Tableau 6 résume ainsi les différents types d'action relatifs à l'évitement, la réduction et la compensation de l'artificialisation, qui seront explicités dans les parties suivantes.

*Tableau 6 : Les différents types d'action relatifs à l'évitement, la réduction et la compensation de l'artificialisation
(Source : auteurs)*

	Évitement (avec gain)	Réduction	Compensation²⁵ (partielle)
Chapitre dédié	<u>2.2 Eviter l'artificialisation</u>	<u>2.3 Réduire l'artificialisation et ses effets</u>	<u>2.4 Compenser l'artificialisation en dernier ressort</u>
Dimensionnement en amont	Choix d'opportunité (en fonction des besoins réels) – abandon projet construction	Choix d'opportunité (en fonction des besoins réels) – réduction du projet de construction nouvelle	
Localisation	Déplacement géographique sur un non-ENAF – construction nouvelle	Déplacement géographique sur un ENAF de moindre valeur – construction nouvelle	
Mesures de construction/ déconstruction	<p>Densification verticale – construction nouvelle sur un non-ENAF en souterrain ou plus haut</p> <p>Réutilisation du bâti existant – rénovation, réutilisation bâtiment vacant, surélévation...</p> <p>Déconstruction (si besoin) sur un non-ENAF (friche) pour reconstruction (ex. bâtiment)</p>	<p>Densification horizontale – construction nouvelle sur un non-ENAF (division parcellaire, habitat dense individualisé...)</p> <p>Réduction emprise du projet – construction nouvelle</p> <p>Eviter les zones de la parcelle de grande valeur – construction nouvelle</p>	<p>Déconstruction (si besoin) sur un non-ENAF (friche) pour conversion en ENAF / pour espace vert non-ENAF nouveau</p>
Préservation / reconquête de la qualité des sols et des milieux	<p>Dépollution partielle sur un non-ENAF (friche) nécessaire pour construction nouvelle (ex. bâtiment, parking)</p> <p>Désimperméabilisation (si besoin) sur un non-ENAF (friche) pour construction nouvelle (ex. parking perméable)</p> <p>Refonctionnalisation des sols sur un non-ENAF (friche) pour construction nouvelle (ex. parking perméable)</p> <p>Revégétalisation sur un non-ENAF (friche) pour construction nouvelle (ex. parking perméable)</p>	<p>Limitation de la dégradation des sols – phase de construction</p> <p>Limitation de l'imperméabilisation des sols – construction nouvelle (ex. parking, voirie)</p> <p>Végétalisation construction nouvelle (ex. parking) pris sur ENAF</p> <p>Conception écologique espace vert non-ENAF nouveau (pris sur ENAF)</p>	<p>Dépollution (si besoin) sur un non-ENAF (friche) pour conversion en ENAF / pour espace vert non-ENAF nouveau</p> <p>Désimperméabilisation (si besoin) sur un non-ENAF (friche) pour conversion en ENAF / pour espace vert non-ENAF nouveau</p> <p>Refonctionnalisation des sols sur un non-ENAF (friche) pour conversion en ENAF / pour espace vert non-ENAF nouveau</p> <p>Réhabilitation écologique sur un non-ENAF (friche) pour conversion en ENAF / pour espace vert non-ENAF nouveau</p>

²⁵ Il est à noter que la mise en œuvre d'une des actions citées dans le tableau seule ne peut être considérée comme de la compensation de l'artificialisation : doivent être mises en œuvre toutes les étapes, de la déconstruction (ou de la désimperméabilisation) à la renaturation (suivant l'état du site au moment de la désartificialisation).

			Réhabilitation écologique espace vert non-ENAF existant
--	--	--	--

Les actions recensées au sein du tableau pouvant revêtir un caractère éminemment transversal, certaines peuvent être traitées dans plusieurs parties de la séquence ERC (exemple de la désimperméabilisation), avec des angles spécifiques dans les chapitres qui suivent.

2.1.3.2. Une vision globale de la séquence ERC, à l'échelle de l'aménagement du territoire et des projets

Dans la pratique, la séquence ERC est principalement appliquée dans un cadre précis, à l'échelle des projets au sein des études réglementaires (Bigard, 2018). Ce mode d'application de la séquence limite son rôle dans la préservation de la biodiversité au niveau global (Bougrain-Dubourg et Férey, 2020). La réflexion doit donc porter sur un changement d'échelle afin d'améliorer cette efficacité (Dantec, 2017). Intégrer la séquence ERC dans la planification territoriale va plus loin que simplement appliquer la séquence aux plans et programmes : il s'agit alors de construire une stratégie d'application de chaque étape, à l'échelle (spatiale et temporelle) de la collectivité (Arlidge *et al.*, 2018).

À l'échelle du projet, il est également primordial de mener une évaluation globale pour permettre des actions favorables aux sols et à la biodiversité. Il est ainsi possible, à l'échelle d'un projet, de réaliser des actions qui relèvent à la fois de l'évitement, de la réduction et de la compensation. Toutes ces actions doivent être réfléchies dès la phase initiale, en amont de la conception du projet, afin d'être réalisées de manière optimale. Par ailleurs, ce projet doit s'inscrire et être porté à l'échelle adéquate, que ce soit à l'échelle de la commune dans le cadre de petits projets, jusqu'à l'échelle de la région pour des projets de grande ampleur.

Le passage à une échelle plus large répond également à une adaptation des pratiques d'aménagement pour appréhender les enjeux globaux de biodiversité (Bigard et Leroy, 2020 ; Bougrain-Dubourg et Férey, 2020). La juxtaposition entre les frontières administratives définies comme les limites réglementaires d'un territoire et les frontières naturelles ou écologiques est en effet loin d'être évidente. Cette articulation des échelles impose au territoire une responsabilité à la fois locale de protection de la biodiversité mais également plus globale (Henle *et al.*, 2009).

Il semble désormais essentiel de se questionner sur « la bonne échelle » des actions pour atteindre l'objectif de ZAN (Billet, 2018). Les enjeux autour du choix de l'échelle étant nombreux, il est notamment possible d'interroger la solidarité territoriale :

- Entre les villes et les espaces péri-urbains et ruraux (alimentation, transports, activités économiques) (Plant *et al.*, 2018) ;
- Entre les différentes villes pour attirer les projets et bénéficier des retombées économiques (envisager des bénéfices partagés à l'échelle d'un bassin d'activités) ;
- Entre les départements ou régions pour attirer les projets d'envergure (question de la compensation de l'*artificialisation*), etc.

Tous ces éléments soulignent la complexité d'*appréhension* de l'échelle du ZAN, en particulier pour atteindre le « nette ». Derrière ce questionnement autour de la solidarité territoriale réside le juste partage des avantages économiques liés à l'*artificialisation*, la préservation des potentialités et des services fournis par les écosystèmes (Blanchart, 2018), afin de ne pas marginaliser certains territoires qui pourraient être exclus des dynamiques de développement et servir de « réservoir de compensation de l'*artificialisation* ».

2.1.3.3. Une meilleure prise en compte des sols et des écosystèmes

Promulguée en 2016, la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a permis d'incorporer clairement les interactions entre espèces et écosystèmes dans la réglementation (et donc la biodiversité ordinaire), dépassant ainsi l'approche par les espèces menacées.

Les différents cadres concernés par la mise en place de la séquence ERC sont :

- Les évaluations environnementales de projets ;
- Les demandes d'autorisation environnementale ;
- Les dossiers d'enregistrement ou de déclaration « installations classées pour la protection de l'environnement » (ICPE) ;
- Les dossiers de déclaration « installations, ouvrages travaux et aménagements soumis à la loi sur l'eau » (IOTA) ;
- Les demandes de dérogation à la protection stricte des espèces ;
- Les documents d'évaluation d'incidences sur la conservation des sites Natura 2000 ;
- Les déclarations d'utilité publique ;
- Les permis d'aménager ;
- Etc.

Un travail important doit encore être réalisé pour que les sols soient intégrés à cette réflexion. Il s'agirait d'identifier les sites sur lesquels les sols sont de bonne qualité (au regard de leur multifonctionnalité) et de planifier le développement du territoire, permettant *in fine* la sanctuarisation des sols de très bonne qualité dans une logique d'évitement.

Le changement d'échelle doit donc permettre d'améliorer la prise en compte globale des sols et de la biodiversité sous tous leurs aspects, notamment en lien avec les approches développées dans le cadre des TVB, qui posent ce cadre dans la planification (Dantec, 2017).

2.1.3.4. Vers une meilleure application de la séquence ERC

Une des explications du manque d'efficacité de la séquence ERC réside dans la faiblesse de l'application de sa première phase (l'*évitement*) (Bigard *et al.*, 2020), celle-ci étant complexe à définir d'un point de vue opérationnel. Des mesures d'*évitement* sont ainsi mises en œuvre avant même l'application « officielle » de l'étude d'*impact*, par le choix d'*opportunité* au regard des enjeux écologiques d'un territoire ou d'un pré-diagnostic (Bigard, 2018). Par la suite, un projet étant souvent défini par une emprise au sol et une réflexion autour d'un aménagement, l'application de l'*évitement* apparaît alors complexe.

Le changement d'échelle propose une simplification de l'application de cette étape par la réponse à la question : « où est-ce que la perte de biodiversité doit être évitée sur le territoire ? » (Bigard, 2018), qui doit permettre l'*identification* de secteurs à éviter. Cette phase doit permettre de limiter ou d'*optimiser* l'emprise des projets et sert donc l'*objectif* de ZAN via la diminution de la consommation d'*ENAF*. Ce

changement de paradigme pourrait se dresser comme une aide à la décision pour l'aménagement du territoire.

Si la remise au premier plan de la phase d'évitement apparaît comme une priorité, la question de la compensation est également soulevée. La compensation est un sujet largement étudié à travers le monde et un consensus apparaît sur l'importance de réfléchir à des stratégies de compensation sur le territoire plutôt que de l'appliquer à l'échelle de chaque projet (Kreitler *et al.*, 2015). Cette mise en œuvre réfléchie à large échelle s'adapte ainsi aux dynamiques écologiques du territoire (Simmonds *et al.*, 2019). Une telle stratégie permet également de définir à l'échelle d'une collectivité les besoins potentiels en compensation et donc potentiellement de rationaliser les projets au regard des besoins fonciers futurs.

Cette rationalisation prend tout son sens dans la recherche de l'objectif de ZAN, mettant en parallèle les besoins de compensation avec d'éventuels besoins de désartificialisation. Dès lors, une réflexion autour des Sites naturels de compensation (SNC) appliqués à l'objectif de ZAN nécessite d'être menée en lien avec la désartificialisation ou la renaturation, afin d'engendrer des bénéfices importants pour les sols et les écosystèmes.

À retenir :

- La planification territoriale est un outil essentiel pour mettre en œuvre l'objectif de ZAN, et notamment l'articulation entre les différentes échelles
- À l'échelle régionale, le Sraddet doit définir des objectifs et des règles générales en matière de gestion économe de l'espace et de protection et restauration de la biodiversité et encadre les documents d'urbanisme
- Le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) est un document de planification stratégique à moyen et long terme qui vise à limiter l'extension urbaine, notamment en présentant une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers au cours des dix années précédant l'approbation du schéma.
- Le Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) est un document d'urbanisme réglementaire qui permet une coordination à l'échelle d'un territoire dans son ensemble et fixe le droit des sols opposable aux autorisations d'urbanisme. C'est à cette échelle que peut se poser la question de la solidarité territoriale en matière d'artificialisation.
- Un des principaux enjeux soulevé par le ZAN est l'intégration des fonctions et services rendus par les sols dans les documents d'urbanisme. L'ADEME et d'autres acteurs portent de nombreux projets de recherche sur ce sujet : UQUALISOL-ZU, MUSE, SUPRA, SOILVER, SOILval, etc.
- Il est indispensable que la lutte contre l'artificialisation des sols soit fondée, comme pour toute politique environnementale, sur le principe de prévention, dont s'inspire la séquence ERC.

2.2. Éviter l'artificialisation

2.2.1. Définition et enjeux autour de l'évitement

- *L'évitement dans la séquence ERC issue de la loi de 1976*

Les lignes directrices sur la séquence ERC définissent la mesure d'évitement comme étant une « *mesure qui modifie un projet ou une action d'un document de planification afin de supprimer un impact négatif identifié que ce projet ou cette action engendrerait* ». *Stricto sensu*, les mesures d'évitement sont ainsi les seules mesures qui n'ont pas d'impact sur les entités considérées, celles-ci étant laissées en l'état. Pour un habitat ou un milieu naturel donné, l'évitement doit garantir l'absence totale d'impacts directs ou indirects du projet, plan ou programme sur l'ensemble de cet habitat ou du milieu naturel (MTES, 2018b).

Le terme « évitement » recouvre généralement trois modalités (MTES, 2018b) :

- Évitement lors du choix d'opportunité : cette modalité correspond au moment où la décision définitive de faire ou de ne pas faire le projet (ou une action dans le cadre d'un document de planification) n'est pas encore prise. L'analyse de l'opportunité consiste à vérifier si un projet est pertinent au vu des besoins, des enjeux environnementaux et des solutions alternatives au projet.
- Évitement géographique : la localisation alternative d'un projet permet d'éviter totalement certains impacts sur l'environnement ou le paysage. L'évitement géographique peut consister à changer le site d'implantation ou le tracé. Il peut s'agir, par exemple, de modifier le tracé d'une route pour éviter un site Nature 2000.
- Évitement technique : il s'agit de retenir la solution technique la plus favorable pour l'environnement en s'appuyant sur les meilleures techniques disponibles, à un coût économiquement acceptable (absence de rejet dans le milieu naturel, absence totale d'utilisation de produits phytosanitaires, adaptation des choix d'aménagement, etc.)²⁶.

²⁶<https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Guide%20d%E2%80%99aide%20%C3%A0%20la%20d%C3%A9finition%20des%20mesures%20ERC.pdf> (p.30-31)



Concernant la séquence ERC issue de la loi de 1976, une même mesure peut selon son efficacité être rattachée à la phase « d'évitement » ou à la phase de « réduction » : on parlera de réduction, et non d'évitement, lorsque la solution retenue ne garantit pas ou ne parvient pas à la suppression totale d'un impact (MTES, 2018b).

- **L'évitement appliqué à l'objectif de ZAN**

Concernant l'objectif de ZAN, il apparaît pertinent de considérer l'évitement lors du choix d'opportunité et l'évitement géographique (dès lors que le projet est réalisé sur un espace d'ores et déjà artificialisé et notamment s'il est déjà construit / imperméabilisé) comme de l'évitement de l'artificialisation. Ainsi, (i) le développement de nouveaux aménagements en corrélation directe avec le besoin réel va permettre l'évitement lors du choix d'opportunité d'un nombre important d'aménagements qui seront jugés non nécessaires. La (ii) densification verticale en renouvellement urbain va quant à elle permettre l'évitement géographique, dans un objectif de ZAN. La densification horizontale (découpage d'une parcelle pour construire un second bâtiment) sera quant à elle considérée comme de la réduction puisqu'il y aura tout de même un impact sur les sols (notamment imperméabilisation).

Toutefois, au regard des impacts engendrés en termes de surface quoi qu'il arrive, ne permettant pas « l'absence totale d'impacts », l'évitement géographique sur un espace de moindre intérêt écologique et l'évitement technique devraient plutôt être considérés comme des mesures de réduction lorsqu'appliqués à l'artificialisation (Cf. Partie « Réduire l'artificialisation et ses effets »). Cette réflexion pourrait être également vraie pour la biodiversité. Un changement de tracé ou de site d'implantation n'est fondamentalement pas un évitement car il y aura tout de même une dégradation de l'environnement (bien que cette dégradation soit moins importante car sur un site à moindre valeur écologique).

2.2.2. L'évitement lors du choix d'opportunité : développer de nouveaux aménagements en corrélation directe avec le besoin réel

Au regard des impératifs environnementaux, il est opportun pour les acteurs d'engager une réflexion sur la pertinence de la construction de certaines infrastructures qui contribuent activement à l'artificialisation. Bien évidemment, au regard de la croissance de la population, du nécessaire développement des territoires et de l'intérêt majeur de certaines infrastructures (hôpitaux, écoles, etc.), l'arrêt total de l'artificialisation n'est pas possible ni souhaitable. L'objectif est donc de promouvoir une sobriété foncière, afin de limiter au maximum l'artificialisation des territoires.

L'objectif de cette sous-partie est de présenter des solutions afin d'éviter d'artificialiser outre mesure, en se basant sur les principaux facteurs d'artificialisation (Cf. **Figure 3**).

2.2.2.1. L'habitat

En France, l'intensification de l'artificialisation s'explique principalement par l'habitat (CEV, 2019). Selon Eurostat, la population française pourrait continuer à croître dans les prochaines années, jusqu'à atteindre 78 millions de personnes en 2080²⁷ (contre 67 millions actuellement), augmentant de fait la demande en logements. Toutefois d'autres facteurs sont à prendre en compte, le taux d'artificialisation augmentant environ trois fois plus rapidement que la croissance démographique sur les dernières années : baisse de la taille des ménages, attrait pour la maison individuelle, hausse du niveau de vie, augmentation de la vacance des logements et construction de résidences secondaires ou occasionnelles (Fosse *et al.*, 2019). En 2017, la DHUP, le CGDD et le Cerema (2017) ont publié un guide intitulé « La territorialisation de la production de logements » permettant de « faire converger localement l'offre et la demande de logements tout en assurant la satisfaction des besoins en logements des ménages ». L'annexe 2 reprend dans les grandes lignes les étapes pour évaluer le besoin réel en logements sur le territoire. Toutefois, la

²⁷ <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/population-demography-migration-projections/population-projections-data>

publication de la DHUP, du CGDD et du Cerema (2017) reprend ces aspects méthodologiques de manière plus précise.

L'évaluation du besoin réel en logement doit également être une première étape pour questionner l'urbanisme spontané et sporadique développé via l'octroi de permis de construire. Réalisé hors d'un cadre procédural, on observe ainsi sur certains territoires une augmentation de la tache urbaine relative à ce manque de maîtrise.

2.2.2.2. Les infrastructures de transport

Le ministère de la Transition écologique a publié en 2020 le bilan annuel des externalités dues aux transports en 2019, dans lequel se trouve une analyse des surfaces à usage de transport par type de transports, selon les données Teruti-Lucas (Cf. **Figure 22**). On peut ainsi observer que les routes et autoroutes sont responsables de 79% de l'emprise au sol, nécessitant une action prioritaire sur ce type de transport.

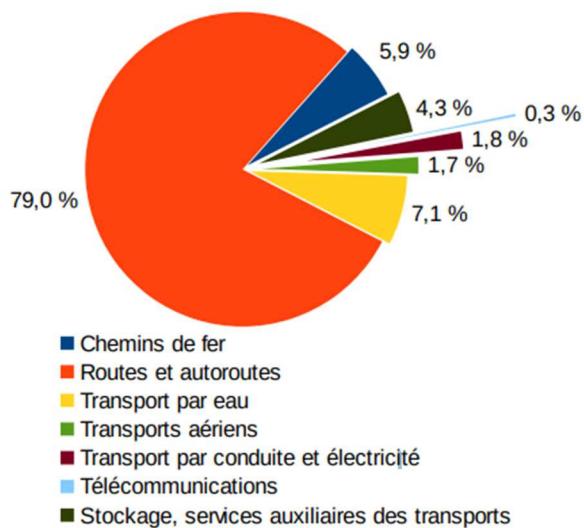


Figure 22 : Structure des surfaces à usage de transport, par type de transports (Source Teruti-Lucas)

2.2.2.2.1. Le réseau routier

L'artificialisation due au développement du réseau routier est directement corrélée au déploiement de l'habitat et des autres infrastructures. Ainsi, ce sont de l'ordre de 6000 km de routes communales qui sont construites chaque année, en lien avec la dynamique d'étalement urbain et d'artificialisation liée au logement²⁸. En effet, la création d'infrastructures de transport permet de relier les espaces entre eux, entraînant la consommation d'ENAF et une fragmentation des habitats naturels. Aujourd'hui, l'automobile a pris une place prégnante dans les villes, entraînant des questionnements autour de son omniprésence dans l'espace public et la ségrégation fonctionnelle de la ville adaptée à la voiture. Dès lors, il est nécessaire de s'interroger sur le besoin en infrastructures de transport, à l'interface entre la demande de transport (flux de marchandises, de véhicules et de personnes) et l'offre de transport déjà existante (Sétra, 2007).

²⁸ [Les comptes des transports en 2018 - 56e rapport de la Commission des comptes des transports de la Nation | Données et études statistiques \(developpement-durable.gouv.fr\)](#)

Certaines ONG prônent la création de nouvelles routes seulement s'il existe une raison impérieuse de sécurité pour les zones accidentogènes (Eaux et rivières de Bretagne, 2020). À cet égard, l'Aménagement sur place (ASP), permettant d'utiliser l'existant pour capter du trafic supplémentaire, pourrait être une solution pertinente à l'interface entre préservation de l'environnement et réduction des coûts.

Concernant les grands projets de création d'infrastructures, de déviation ou de contournement routier, il serait pertinent d'imposer une large concertation publique en amont de chaque projet. La LPO (2020) va même jusqu'à proposer « *d'exclure tous les projets de création d'infrastructures routières et aéroportuaires nouvelles et extensions du futur plan de relance*²⁹ ». En termes économiques, la minimisation de l'expansion du réseau routier permet de diminuer drastiquement les dépenses des collectivités territoriales en coûts d'entretien des voiries.

2.2.2.2. *Le réseau ferré*

Concernant la question spécifique de l'artificialisation due aux voies ferrées, celle-ci est difficile à appréhender car souvent étudiée de pair avec le réseau routier, sous la dénomination « infrastructures de transport ». Les lignes ferroviaires représentent 5,9% de l'artificialisation due aux réseaux de transport (867 km²) (MTE, 2020). Il existe cependant une absence importante d'étude sur les lignes à grande vitesse, la quasi-totalité des articles traitant des infrastructures routières (Béchet *et al.*, 2017). Si les voies ferrées peuvent constituer un obstacle, elles peuvent également jouer un rôle de corridors de déplacement et ainsi favoriser la dispersion d'individus. Des études montrent que les voies ferrées ont un impact moins négatif sur la faune que les routes (Trewella et Harris, 1990), bien que ces chiffres soient à relativiser au regard de l'évolution des réseaux routier et ferré et du trafic associé.

2.2.2.3. *Le vélo*

Le développement de la pratique cycliste et ses liens avec l'artificialisation mérite également d'être abordé. En effet, les déplacements à vélo se popularisent³⁰ : selon une enquête de « Vélo & Territoires », une augmentation de 5% des passages a été observée entre 2018 et 2019 sur les véloroutes (Vélo & Territoires, 2020a), et jusqu'à 52% à Paris. Le Schéma EuroVélo (concernant les véloroutes européennes) a pour objectif 8 915 km de tracé en 2030 et le [Schéma national des véloroutes](#) et voies vertes 25 408 km en 2030, questionnant ainsi la consommation d'espaces et la fragmentation engendrées par ces voies. Bien qu'il n'y ait pas de données précises à ce sujet, l'AF3V précise dans ses objectifs que la création de nouvelles véloroutes et voies vertes ne doit pas nécessiter l'artificialisation de terres agricoles ou de zones naturelles. Celles-ci devraient en effet emprunter essentiellement du foncier existant (petites routes, chemins de halage, anciennes voies ferrées) et leurs abords pourraient être favorables au développement de la TVB. Il est également possible de réutiliser le tracé d'une route pour implanter des pistes cyclables, en réduisant la chaussée pour les automobilistes.

Vélo & Territoires (Coordinateur du réseau national cyclable), précise dans sa publication « le vélo, ingrédient clé de la relance » (2020b) que sa démocratisation est en mesure de participer à l'objectif de ZAN, « *via un rééquilibrage de l'espace public en direction de modes de transports sobres, inclusifs et résilients (modes actifs, transports publics)* ».

Plus largement, la question des transports suppose une réflexion sur le développement des transports en commun et des mobilités actives, qui encouragent la densification du tissu urbain tandis que la route et l'autoroute favorisent quant à elles l'étalement urbain (Cf. Section [2.2.4.1.4. Le développement des mobilités actives](#)).

²⁹ Post-Covid

³⁰ Et davantage encore dans le contexte sanitaire lié à la pandémie de Covid-19. Il sera donc intéressant de suivre l'évolution des déplacements à vélo, afin de distinguer si l'effet est seulement temporaire ou s'il va s'inscrire dans le temps.

2.2.2.3. Les commerces et services marchands

Si les dernières décennies ont vu l'avènement des centres commerciaux en zone périurbaine, de plus en plus de voix s'élèvent contre ces projets qui participent à l'artificialisation (5% de l'artificialisation entre 2006 et 2014) (CEV, 2019). La jurisprudence va également dans ce sens, la décision n°414353 rendue le 24 juillet 2019 stoppant un projet de centre commercial au regard de la destruction d'espèces protégées. Selon le jugement, le projet ne répondait en effet pas à une raison impérative d'intérêt public majeur étant donné la structuration de l'offre en grands centres commerciaux aux alentours³¹. À noter également la circulaire du 24 août 2020 sur le rôle des préfets en matière d'aménagement commercial dans le cadre de la lutte contre l'artificialisation qui rappelle que « *la lutte contre l'artificialisation des sols est [...] un des objectifs assignés à l'aménagement commercial : les projets, pour être autorisés, ne doivent pas compromettre cet impératif. Il [...] est donc demandé [aux préfets] de faire usage des pouvoirs dont [ils disposent] en la matière pour lutter contre l'artificialisation des sols générée par les équipements commerciaux soumis à autorisation d'exploitation commerciale* ».

Par ailleurs, l'article 52 du projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets stipule que « l'autorisation d'exploitation commerciale ne peut être délivrée pour une implantation ou une extension qui engendrerait une artificialisation des sols, au sens de l'article L. 101-2 du code de l'urbanisme ». Des dérogations sont prévues pour certains projets de moins de 10 000 m² de surface de vente (localisation au sein d'un périmètre d'ORT ou de QPV, continuité du projet avec les tissus urbanisés existants, insertion dans un projet plus vaste, compensation éventuelle),

Les surfaces commerciales autorisées représentent en 2016 13% des surfaces ayant donné lieu à l'établissement d'un acte d'urbanisme (hors construction de logements)³². Les places de parking des centres commerciaux franciliens représentent à elles seules un million de m² qui, la majeure partie du temps, sont inutilisées. Les ensembles commerciaux en France sont souvent nés de l'initiative d'investisseurs qui ne sont pas commerçants. Cet investissement commercial, particulièrement en périphérie des villes (où les coûts du foncier et la fiscalité sont bas), est amorti généralement en 10 ans. La progression très récente de la vacance commerciale alerte sur un double risque : celui d'un effondrement du petit commerce de proximité dans de nombreuses villes et celui de la perte d'équilibre des ensembles commerciaux situés en périphérie. À ce phénomène vient s'ajouter la vacance constatée de nombreuses zones d'activités devenues obsolètes. (Valdiguié et Schmit, 2018).

Il est donc nécessaire de considérer les potentiels impacts économiques et sociaux négatifs des projets de centres commerciaux en périphérie urbaine qui concurrencent les commerces locaux des centres-villes (Colsaet, 2017). Au-delà de l'aspect économique, les commerces de proximité sont autant de lieux de création de liens sociaux irremplaçables, participant activement à l'identité des villes et au façonnement des paysages urbains. Les acteurs économiques de la ville, parmi lesquels les commerçants sont au premier plan, sont donc les porteurs de cet *art de vivre* urbain qui correspond à l'appropriation sociale et culturelle des espaces centraux.

La création de centres commerciaux en périphérie participe également à l'exacerbation de la concurrence entre les communes. Cette concurrence encourage les territoires à fournir du foncier artificialisable aux acteurs privés sans réel besoin économique ou social. La solidarité entre communes est ainsi un levier important pour rationaliser la création de zones commerciales. À cet égard, les PLUi et SCoT, outils d'urbanisme à l'échelle intercommunale, sont des outils privilégiés pour agir en ce sens (Cf. Section [2.1.1. La nécessité d'une planification territoriale](#)). La délivrance de permis d'implantation de centres commerciaux à un niveau intercommunal permettrait également de rationaliser leur développement et donc d'éviter la construction de centres commerciaux attribuables à la concurrence entre les communes (Colsaet, 2017).

³¹ Décision n° 414353 rendue le 24 juillet 2019

³² 5 198 334 m² contre 37 868 814 m² pour d'autres locaux (équipements publics, entrepôts, restauration, services), les surfaces consacrées au logement représentant 37 686 814 m² (source Sit@del)

Le développement du e-commerce questionne également l'artificialisation due aux entrepôts logistiques, qui représentent aujourd'hui un pourcentage faible de l'artificialisation mais qui sont en développement rapide (Cf. Partie « Les activités industrielles ») et qui pourtant ne sont pas soumis aux mêmes contraintes en termes d'implantation que le commerce « traditionnel ».

L'artificialisation liée au tourisme

1^{ère} destination mondiale avec 89 millions de touristes internationaux accueillis en 2019, la France affiche une vocation touristique autant ancienne qu'intense. Bien que ce secteur soit souvent perçu comme moins dommageable à l'environnement que d'autres activités productives, il n'en est pas moins responsable de nombreuses pressions sur l'environnement, au premier rang desquelles se trouve l'artificialisation des sols (CGDD, 2017). En effet, le tourisme se caractérise par une concentration de flux humains dans le temps (saisonnalité) et l'espace (sites ou destinations prisées), les territoires d'accueil sont souvent confrontés à un surdimensionnement de leurs équipements, consommateurs d'espace. L'hébergement est particulièrement concerné par cette question du surdimensionnement, la capacité touristique d'un territoire étant en partie fondée sur la disponibilité en lits. Or, dans les communes à forte intensité touristique, la population peut être multipliée par 5, 10 ou même 20 entre la saison creuse et la haute saison, mettant en jeu des ratios de capacité de l'ordre de 1000 lits pour 100 habitants. La forme prise par ces hébergements est elle aussi déterminante dans le processus d'artificialisation. Ainsi, le premier mode d'hébergement touristique en France n'est pas l'hôtel ou le camping, mais les résidences secondaires, avec 3,3 millions d'habitations (Atout France, 2019). La part des résidences secondaires atteint 85% des logements neufs dans certaines communes du Languedoc-Roussillon. Au total, 1 logement sur 5 construit dans les communes littorales est une résidence secondaire, occupée en moyenne seulement 20 jours par an (Bilan GES du secteur du tourisme, ADEME 2021). Cet essor de l'habitat diffus et des aménagements résidentiels touristiques s'avère problématique dans la mesure où les infrastructures lourdes liées à la voirie, à la gestion des déchets et aux activités du quotidien, doivent se démultiplier en conséquence. D'autres aménagements, comme les infrastructures de transport (gares, routes et péages, aéroports ou ports de croisière) ou de loisirs (parcs d'attraction, villages vacances) sont autant de facteurs de l'artificialisation des sols.

Néanmoins, cette activité est inégalement distribuée dans l'espace métropolitain et ultramarin, correspondant à une géographie des loisirs singulière qui a fait des territoires aux aménités naturelles et paysagères fortes des destinations prisées. C'est pourquoi le développement touristique a particulièrement marqué les territoires montagnards, littoraux et ultramarins, au rythme d'une forte artificialisation de ces espaces pourtant fragiles. Outre son intensité, celle-ci se caractérise dans chacun de ces territoires par des aménagements spécifiques. Par exemple, sur 5 500 km de littoral français, plus de 1 000 km sont urbanisés et près de 2 000 km sont mités (Le Délézir, 2008).

Par exemple, les littoraux ont d'abord connu une artificialisation liée au modèle d'une « ville d'hiver » au XIX^e siècle, avant de voir se multiplier les aménagements de type « station » et les ports de plaisance tout au long de la seconde moitié du XX^e siècle, en accord avec les ambitions de la mission Racine (1963). Implantées parfois *ex nihilo*, celles-ci ont ensuite servi de trame à une urbanisation diffuse et à la multiplication des résidences secondaires (40% du parc français est situé sur les littoraux) (Atout France, 2019) jusqu'à aujourd'hui, au détriment des espaces naturels et agricoles. D'après Blondy (2016), « *Sur tous les littoraux présentant des aménités paysagères ou balnéaires, le tourisme constitue l'un des principaux facteurs d'artificialisation* ». Aujourd'hui, une nouvelle forme d'aménagement lié au tourisme accentue cette artificialisation : les digues et autres infrastructures grises de protection contre l'érosion se multiplient pour maintenir des plages sécurisées ou prévenir contre les risques, et marquent à leur tour les paysages littoraux.

Les enjeux liés à l'artificialisation pour les espaces touristiques sont spécifiques, puisque la pression foncière et la perturbation des écosystèmes³³ y sont plus fortes. Ainsi, d'après l'EFESE (2016), « les écosystèmes littoraux sont les plus dégradés avec environ 50% des évaluations qui concluent à un mauvais état de conservation. C'est un résultat à rapprocher du fort niveau d'artificialisation de l'espace littoral français, et d'un niveau localement élevé de fréquentation touristique ». L'urbanisation très marquée du littoral français (40% pour le littoral atlantique et 96% du littoral des Alpes maritimes par exemple) a conduit à la disparition irrémédiable d'espaces naturels uniques (Le Délézir, 2008). En ce qui concerne le rythme d'artificialisation depuis les années 2000, il reste pour autant assez semblable à la moyenne métropolitaine, les grands aménagements s'étant développés antérieurement (CGDD, 2017). Du point de vue socio-économique néanmoins, la pression foncière liée à l'artificialisation se traduit parfois localement par des tensions entre locaux et touristes, autour des questions de spéculation immobilière.

Plus précisément, l'artificialisation des zones littorales fragilise également l'agriculture locale en augmentant le coût du foncier, en fragmentant les exploitations agricoles, en s'implantant sur les meilleurs sols agricoles et en repoussant l'agriculture dans l'arrière-pays. Ces impacts, observés ailleurs en France, sont néanmoins exacerbés sur le littoral, où les sols agricoles de qualité supérieure sont souvent moins nombreux qu'en grandes plaines.

L'activité touristique étant en partie fondée sur l'attractivité des paysages et leurs aménités naturelles, des mesures conservatrices ont été prises pour limiter et structurer l'essor des aménagements touristiques, à l'image de la loi relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral (1986). Aujourd'hui, la taxe d'aménagement des espaces sensibles, collectée par les départements, est un outil fiscal au service de ce même objectif. Mais en raison des bénéfices du tourisme sur la vitalité économique et sur l'emploi local, les aménagements qui y sont liés sont ainsi rarement limités dans les PLU(i). Un des leviers en lien avec la planification pourrait consister à intégrer les questions d'artificialisation dans les Schémas régionaux de développement du tourisme et des loisirs (pour les régions où ils sont mis en place), de sorte à associer les objectifs d'homogénéisation de l'offre avec ceux de déconcentration spatiale des flux touristiques.

2.2.3. La réhabilitation de sites artificialisés et/ou des espaces dégradés dans un objectif de réaffectation à un usage non ENAF

La réhabilitation de sites et espaces dégradés, au premier rang desquels figurent les friches, s'inscrit pleinement dans la démarche de renouvellement urbain et de limitation de l'artificialisation des sols. Par la diversité de leurs origines, morphologies, localisation, état des sols, etc., elles peuvent être considérées comme de réelles opportunités foncières à intégrer dans les stratégies de territoires et, de manière plus opérationnelle, être des sites à même de répondre à une large diversité d'usages :

- Création de logements, d'activités économiques (industriel, tertiaire, commerce, artisanat, logistique, loisirs), d'équipements publics (à vocation d'enseignements, culturelle, sportive ou récréative),
- Production d'énergie renouvelable (ex : centrale photovoltaïque au sol), de matériaux biosourcés,
- Restauration ou amélioration de la biodiversité, création ou restauration de corridors écologiques (dans le cadre de trames vertes et bleues par exemple), compensation écologique, aménagement de parcs urbains, de jardins récréatifs / partagés (contribution à l'agriculture urbaine), lutte contre les îlots de chaleur urbains, limitation des inondations en favorisant les infiltrations des eaux de surface. Ces derniers usages peuvent nécessiter des actions de réhabilitation écologique (cf. §2.4.4).

³³ Lesquels sont par ailleurs plus fragiles (zones humides, littoraux, zones de montagne, etc.)

Ces options doivent être envisagées en fonction du contexte local, par exemple en étudiant les contraintes géographiques (proximité à une route, à un centre urbain) et le potentiel écologique du site (proximité potentielle à une trame verte et bleue, composition des sols, etc.). Ainsi, dès lors que la finalité d'un projet de réhabilitation d'un site ou espace dégradé est la réalisation d'un projet nécessaire aux besoins d'aménagement ou urbain, en substitution à la réalisation d'un projet équivalent sur des espaces naturels, agricoles ou forestiers, il s'agira d'évitement de l'artificialisation. Si la finalité de la réhabilitation est d'améliorer la qualité écologique du sol d'un site dégradé, il s'agira de compensation (cf. §2.4.4).

2.2.4. Agir sur l'existant : le renouvellement urbain pour une ville plus dense, vivable et désirable

Les projets de renouvellement urbain peuvent être analysés sur le plan de la mise en œuvre opérationnelle comme la combinaison de quatre processus élémentaires :

- La requalification
- L'intensification urbaine
- La déconstruction/reconstruction
- La reconquête de friches

Pour un acteur public, il s'agit donc d'envisager le tissu urbain du territoire sur lequel il a mandat pour agir comme : un tissu « vivant » avec, comme objectif, à travers les différents processus à sa disposition, d'optimiser en continu la régénération de ce tissu urbain afin de fournir aux populations une ville toujours plus fonctionnelle et plus durable (ADEME, 2018).

France Stratégie, sur la base d'un modèle développé par le CGDD, a démontré un lien entre construction et artificialisation (mesuré par fichiers fonciers). Ce lien se fait à travers quatre variables : la surface de plancher construite, le taux de renouvellement urbain (part des constructions réalisée sur des surfaces déjà artificialisées, taux de logements vacants), la densité des constructions et surfaces renaturées. C'est sur cette base que France Stratégie, grâce à un modèle développé par le CGDD, a élaboré plusieurs scénarios de réduction de la consommation d'espaces au regard des besoins de construction fixés à échéance 2030 (56,3 millions de m²) (Fosse *et al.*, 2019).

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 2025 (hors pertes liées aux infrastructures)* (en ha)	Consommation ENAF 2030 (hors pertes liées aux infrastructures)* (en ha)
Tendanciel	0,43	0,16	8 %	Inchangé	19 400	20 000
Densification modérée	0,5	0,3	8 %	Inchangé	11 600	9 200
Densification forte	0,6	0,4	8 %	Inchangé	8 200	5 500
Densification forte / renchérissement des terres libres	0,6	0,4	8 %	x3	7 400	4 700
Densification forte / renchérissement des terres libres / réduction de la vacance	0,6	0,4	6 %	x5	6 200	3 700

* Selon Teruti-Lucas, les infrastructures représentent 30 % des terres artificialisées (en stock).

Figure 23 : Extrait du rapport de France Stratégie sur l'objectif de Zéro artificialisation nette (Source : Fosse *et al.*, 2019)

Pour tous les scénarios envisagés, les trajectoires ZAN des territoires impliqueront davantage de production de logements en renouvellement (entre 50 et 60% contre 43% dans le scénario tendanciel), et des densités de construction plus élevées (entre 30 et 40 m² construits pour 100 m² artificialisés, contre 16 m² dans le scénario tendanciel, comme le montre la colonne « cible de densité de construction en 2030 du tableau de la **figure 23**). Tandis que la préférence des ménages va toujours à l'habitat individuel (Fosse *et al.*, 2019), cela implique un changement de référentiel et une approche renouvelée de la densité tant du côté des décideurs que de la population.

Cette densification peut se faire de différentes manières sans augmenter l'emprise au sol du bâti en milieu urbain par surélévation ou construction en souterrain (parking par exemple), division ou démolition/reconstruction des logements, ou encore par changement d'usage du bâti, par réhabilitation d'une friche ou par réinvestissement des bâtiments sous-occupés ou vacants. La mutualisation d'équipements et des parkings lors du renouvellement d'un quartier et plus généralement l'intensification des usages, peut également constituer une mesure d'évitement.

Pour favoriser la densification, le gouvernement a mis en place une incitation pour les communes à encourager une ville plus compacte sous la forme d'une aide à la densification dans le cadre du plan de relance. En novembre 2021 et novembre 2022, les communes bénéficieront automatiquement d'une aide forfaitaire pour chaque m² de logement construit au-dessus d'un seuil de densité (m² de surfaces de plancher par m² de terrain) fixé par catégories de communes. Pour les territoires au marché immobilier détenu (zone C), le dispositif ne s'applique que pour les extensions, surélévations, changements de destination ou démolitions-reconstructions d'un bâti existant. Les autres dispositifs plus spécifiques en faveur du renouvellement urbain seront détaillés au sein des sous-parties suivantes. Le document se concentre volontairement sur les leviers liés à l'habitat, première cause de l'artificialisation en France.

2.2.4.1. Les modalités d'acceptabilité de la densification en renouvellement urbain

La densification peut s'avérer une source de crispations tant pour les habitants que pour les élus, ces derniers devant concilier à la fois la préservation de la biodiversité, les besoins en logements de leurs administrés, les objectifs de construction imposés par des entités supérieures et les aspirations de la population qui peuvent s'opposer à un cadre de vie trop dense (Rey-Lefebvre, 2019). Il s'agit d'agir sur les formes urbaines pour développer « une ville dense, durable et désirable » (ADEME, 2018b).

2.2.4.1.1. Surmonter les limites liées à la perception de la densité

Pour autant, la densité est aussi une question subjective (on parlera de densité vécue) : les grands ensembles et les tours, bien moins denses que le tissu urbain haussmannien ou même que l'habitat collectif des centres-villes, sont souvent associés par la population à une densité plus importante. La hauteur et le caractère massif des bâtiments ont tendance à donner l'impression d'une densité élevée, détachée de l'**« échelle humaine »** alors même qu'ils peuvent être entourés de vastes espaces ouverts faisant chuter la densité d'ensemble. Quoi qu'il en soit, la densité n'est pas directement corrélée à une forme urbaine ni à la qualité de l'ambiance urbaine (Adam et Moulinié, 2005).

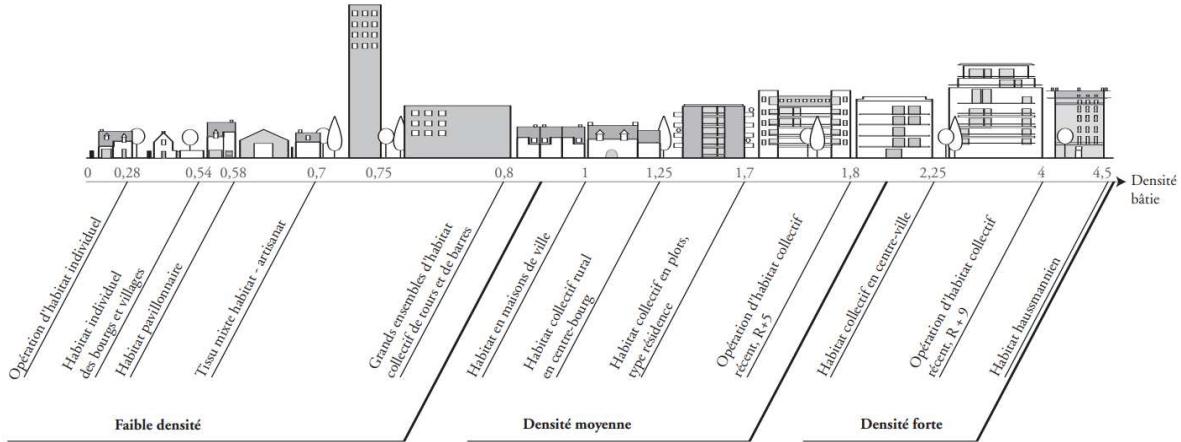


Figure 24 : Gradient de densité bâtie (Source : L’Institut Paris Region)

Pour une même densité urbaine, on peut avoir des emprises aux sols, une part d’espaces ouverts, des ambiances différentes et donc des densités vécues variables. La recherche de densité et de densification pour ralentir le rythme de la consommation d’espaces ouverts nécessite de la pédagogie (Cf. Partie « La nécessaire sensibilisation et formation des acteurs ») et un effort de contextualisation quant aux formes urbaines à privilégier pour atteindre une densité voulue (ADEME, 2018b).

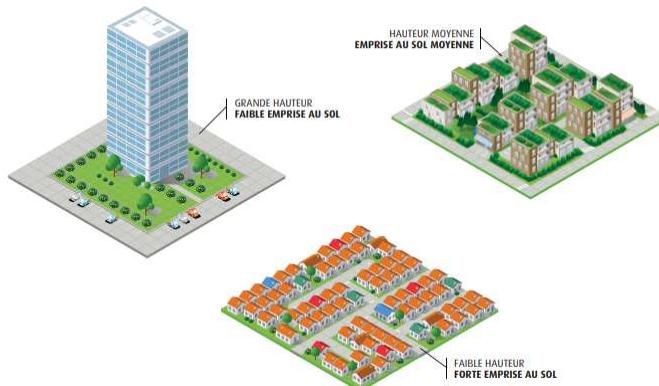


Figure 25 : Différentes formes urbaines avec des emprises au sol variables pour une même densité bâtie (Source : ADEME, 2018b, d’après L’Institut Paris Region)

Certains acteurs, comme Vivre en Ville, mettent en avant la notion de compacité, qui, associée à celles de proximité et de mixité, joue en faveur d’une densité positive en termes de qualité de vie. Dépassant le simple rapport entre une unité (habitants, logements) et une surface, la notion de compacité renvoie à la juxtaposition d’éléments urbains. L’architecte urbaniste danois Jan Gehl évoque les villes à échelle humaine, construites autour de la métrique de la marche et du vélo, « à hauteur de regard », et animées par des espaces publics et des rez-de-chaussée actifs (Gehl, 2013).

Parmi les facteurs d’acceptabilité de la densité ou de la densification, on trouve par exemple (Darley *et al.*, 2009) :

- La présence et l'accès à la nature en ville ;
- La proximité aux commerces, équipements et services (plus largement la diversité des fonctions urbaines) ;
- L'accès aux transports en commun et à l'emploi ;
- La qualité des espaces publics et des formes urbaines attractives ;
- La qualité architecturale (forme, volume et hauteur des bâtiments, homogénéité de l'architecture, etc.) ;

- La qualité de l'habitat (présence de cour intérieure, de balcons, luminosité de l'appartement, etc.);
- La minimisation des nuisances (bruit, pollution, odeurs, intimité, etc.);
- Les facteurs socio-culturels (connaissance des voisins, sociabilité, etc.).

Parler d'intensité urbaine permet également d'aborder le sujet en n'utilisant pas de prime abord un terme pouvant être connoté négativement, ainsi qu'en mettant l'accent sur l'intensité des aménités accompagnant la densité.

2.2.4.1.2. Mettre en avant les co-bénéfices du renouvellement urbain

En plus de la limitation de la consommation d'espaces ouverts, les bénéfices de la densification en renouvellement urbain sont multiples : rentabilisation des infrastructures et équipements existants, encouragement des modes de mobilités durables (transports en commun, mobilités partagées, mobilités actives), économie des ressources naturelles et de l'énergie, revalorisation d'espaces urbains et des centres-bourgs parfois dégradés, apport de services, diversification de l'offre d'habitat, hausse de l'attractivité, revenus supplémentaires que la collectivité peut réinvestir dans le cadre de vie commun, etc. (ADEME, 2020a ; Vivre en Ville, s.d.).

2.2.4.1.3. Prendre en compte la biodiversité comme condition sine qua non

Le processus de renouvellement urbain porte le risque d'impacter négativement la biodiversité urbaine et le fonctionnement des sols urbains par une intensification de la construction et des usages. L'enjeu de protection des sols et de la biodiversité par le ZAN n'est pas uniquement tributaire d'un ralentissement de la consommation d'espace en extension urbaine, mais également de la manière de concevoir, d'aménager et de gérer les sols en milieu urbain (en lien avec les trames vertes, bleues et brunes³⁴).

Cette prise en compte de la diversité biologique renvoie à certains développements techniques présentés dans le § 2.4. Compenser l'artificialisation en dernier ressort (liés à la dépollution des sols à leur refonctionnalisation et à la réhabilitation écologique des sites), qui peuvent être utilisés à des fins d'évitement ou de réduction (par exemple, la dépollution d'un site afin de créer un espace de nature en ville).

La réussite de la densification est par ailleurs conditionnée à la préservation des espaces verts existants et des sols de très bonne qualité, ainsi qu'à l'enrichissement de l'offre en espaces verts au sein des zones carencées. En effet, l'intérêt pour la nature en ville, au-delà des enjeux de biodiversité, est à lire au prisme de la montée en puissance des sensibilités écologiques au sein de la population, de la prise de conscience des bienfaits de la nature pour la santé humaine physique et mentale et de ses services écosystémiques (Bourdeau-Lepage, 2019).

D'un point de vue plus opérationnel, la présence de profils spécialisés au sein d'un projet urbain (écologue, pédologue, agronome, etc.), la réalisation de diagnostics écologique et pédologique en amont, l'intégration de la végétation à toutes les échelles, depuis celle du quartier jusqu'à celle du bâtiment, la gestion des eaux à l'air libre et un entretien léger sont autant de pistes pour changer les pratiques de construction et d'aménagement en renouvellement urbain en faveur de la biodiversité (Barra, 2013).

2.2.4.1.4. Le développement des mobilités actives

Le renouvellement de la ville sur la ville et la densification soulèvent des enjeux de qualité de vie quant aux nuisances dont ils peuvent être à l'origine avec l'intensification des usages au sein d'un espace contraint, et à l'engorgement des réseaux (eau, électricité, transports). Face à cela, les mobilités douces représentent une double opportunité : elles demandent moins d'espace (permettant une meilleure

³⁴ Le sol, et ses êtres vivants, constituent également un compartiment qui exige des continuités écologiques pour être en bon état de fonctionnement : c'est la trame brune.

utilisation d'infrastructures dont la surface par personne se restreint) et sont vectrices d'apaisement de l'espace public (ADEME, 2018b).

La promotion des mobilités actives peut également encourager la sobriété foncière de manière indirecte. En effet, l'amélioration de la vitesse automobile ne se traduit en général pas par un gain de temps, mais via un effet rebond par un allongement de la distance parcourue et une plus grande latitude dans les choix résidentiels. Cette loi, avancée par Zahavi en 1976, se vérifie en France entre 1975 et 1999 : les temps de déplacements quotidiens sont restés stables (70 minutes en Île-de-France, 50 minutes dans les autres agglomérations), tandis que la distance pendulaire a doublé (de 7,35 km à 15 km) avec les améliorations dont a bénéficié le système de l'automobilité (Mirabel et Reymond, 2013). L'amélioration des conditions de circulations automobiles a donc nourri l'étalement urbain et l'artificialisation des sols (y compris pour les infrastructures de transport) tout au long de la seconde moitié du XX^{ème} siècle en France. À l'inverse, l'accent mis sur les mobilités actives (à travers la limitation de la place et de la vitesse automobile) et la réalisation d'aménagements sécurisés et confortables sont donc porteurs d'un modèle de ville compact, axé sur la proximité, sobre en foncier et désincitatif à la consommation d'espace en extension urbaine.

2.2.4.2. Réutilisation du bâti existant

La réutilisation du bâti existant, qui peut se traduire par de multiples opérations (réhabilitation, résorption de la vacance, traitement des friches, changement d'usages du bâti, démolition, retrait d'une partie du revêtement de surface, etc.) représente un gisement important de progrès.

2.2.4.2.1. Réhabiliter le bâti déjà existant et agir sur le taux de vacance

La réhabilitation de logement ancien est un enjeu pour empêcher le développement de la vacance ; qui engendre, indirectement, davantage d'artificialisation. L'enjeu est le traitement de la vétusté, des mauvaises performances énergétiques ou d'un aménagement intérieur ne correspondant pas aux critères actuels. Pour cela, le CEV (2019) propose une réorientation des aides publiques : accès au prêt à taux zéro pour la rénovation, développement du parc social par acquisition et rénovation plutôt que construction nouvelle ou encore dispositifs fiscaux avantageux pour la rénovation thermique du logement et orientés vers les ménages modestes.

Dans le cadre du Plan de Relance, le gouvernement a prévu une augmentation du financement du dispositif MaPrimeRenov', à hauteur de 2 milliards d'euros pour les années 2021-2022 contre 575 millions en 2020. Cela passe également par un soutien renforcé aux opérations de réhabilitation de logements financés par l'Anah, aux plans d'actions gouvernementaux de soutien aux copropriétés dégradées, et aux programmes « Action Cœur de Ville » et « Petite ville de demain » qui visent le réinvestissement et la lutte contre la vacance des centres-villes.

Après une phase de baisse de 1982 à 1999, la plupart des régions françaises observent une hausse de la vacance des logements. Cette vacance augmente à l'échelle nationale hors Île-de-France bien plus rapidement que le parc de logements : de 2009 à 2014, le parc de logements vacants bondissait de 21,7% (Pouliquen, 2018), tandis que le parc de logement progressait de 5,9%. Si 80% du stock de logement vacants trouvait un occupant, le CGDD estime que cela permettrait d'économiser 50 000 hectares d'artificialisation soit 5 années d'artificialisation due aux logements (MTES, 2018c). On assiste également à une augmentation du taux de vacance des espaces commerciaux et des bureaux selon les données Codata.

La taxe sur les logements vacants peut représenter une incitation au réinvestissement de ces logements dont les effets restent à tester (CEV, 2019). Un mauvais calibrage de la mesure est susceptible d'être à double tranchant, notamment au sein des territoires dont la vacance est avant tout subie.

La vacance touche aussi l'immobilier commercial et de bureaux. En 2019, selon l'Institut pour la Ville et le Commerce, la vacance commerciale s'élevait à 12,5% dans les centres-villes et les centres commerciaux et à 8,5% dans les zones commerciales en France. Les locaux laissés vides depuis longtemps peuvent

représenter des opportunités pour la réutilisation ou l'installation de nouveaux usages. La crise de la Covid-19, dont les impacts ont accéléré les transformations en matière de dynamiques commerciales et de d'habitudes de travail, pourrait entraîner une hausse de la vacance de l'immobilier tertiaire et de bureaux dans les années à venir.

2.2.4.2.2. Réutiliser le bâti pour d'autres usages

La réutilisation du bâti existant pour un usage différent représente un gisement non négligeable de surfaces et d'évitement de l'artificialisation. Avec l'évolution des modes de vie et des normes concernant l'immobilier tertiaire, les principaux gisements se situent dans la transformation de bureaux en logements. Paris concentre de nombreux exemples de ce type d'opérations. En Île-de-France, on estime par exemple qu'il existe 4 millions de m² de bureaux inoccupés. Ce type d'opération doit être autorisé au sein du zonage du PLU(i), et n'est pas sans rencontrer des obstacles : les immeubles de logements sont en principe plus étroits que les bureaux, ont besoin de davantage de cages d'escalier, d'ascenseurs ou encore de réseaux d'eaux. Ces opérations sont souvent coûteuses mais bénéficient depuis la loi ELAN de 2018 d'un régime juridique plus souple et d'un bonus de constructibilité de +30%. Des marges de progrès existent également quant à la transformation d'anciens garages, ou encore l'aménagement des espaces souterrains (Nikolova, 2015).

Le chrono-aménagement, ou chronotopie est également un moyen de mieux utiliser le bâti existant en y incluant davantage d'usages : en aménageant le temps, on gagne de l'espace, ou plutôt, on en réduit le besoin. À l'échelle de la journée c'est par exemple un restaurant universitaire du CROUS qui se transforme en espace de travail ou de co-working en dehors des heures de service. À l'échelle des semaines, mois ou années c'est aussi l'exemple de l'occupation transitoire d'un site entre son occupation précédente et la nouvelle occupation liée à son projet de transformation. Dans le cas du tourisme, les intérêts économiques sont tels que même si cette activité se concentre uniquement sur quelques mois de l'année lors de la haute saison, elle crée une concurrence qui peut nuire à la mixité fonctionnelle de la zone donnée (rachats de locaux commerciaux pour en faire des restaurants ou d'appartements pour en faire des meublés de tourisme, qui deviennent majoritairement vacants pour le restant de l'année), et donc limite le chrono-aménagement. D'après Miquel *et al.* (2010), près de 30% à 50% des lits touristiques dans ces stations pourraient n'être occupés qu'entre 2 et 4 semaines par an seulement.

2.2.4.2.3. Surélever le bâti existant

La surélévation du bâti permet de créer un ou plusieurs logements supplémentaires sans consommation tout en limitant les consommations de ressources et d'énergie qui caractérisent les opérations de démolition-reconstruction. La suppression des règles de densité maximum (COS : Coefficient d'Occupation du Sol) par la loi Duflot de 2013 et la loi ALUR de 2014 a ouvert la voie à un renouveau des pratiques de surélévation.

Afin d'encourager la surélévation, dont l'opportunité peut trouver sa place au sein du règlement des plans locaux d'urbanisme (hauteur maximum autorisée), France Stratégie propose d'exonérer totalement de taxe d'aménagement les projets qui ne changent pas l'emprise du sol bâti (surélévation, rénovation, reconstruction) » (Fosse *et al.*, 2019).

2.2.4.3. Déconstruction-reconstruction

La déconstruction correspond à un « *démontage sélectif d'installations techniques ou de certains éléments d'une construction, afin de valoriser les déchets et de réduire les mises à la décharge* » (définition du Larousse). La déconstruction se différencie de la démolition par la volonté explicite de ne pas générer de déchets en quantité importante. Elle peut se réaliser sur tout type d'infrastructure bâtie (immeuble, usine, école) et doit se poursuivre par la désimperméabilisation du site pour restaurer la fonction de perméabilité des sols.

Au-delà du rôle essentiel de la déconstruction dans la désartificialisation (comme premier pas pour viser la renaturation d'un espace), ses bénéfices se font également ressentir vis-à-vis de l'économie circulaire

des matériaux³⁵. Le secteur du BTP est en effet responsable de la moitié des matières premières extraites, de la moitié de la consommation d'énergie et d'un tiers de la consommation d'eau, tout en étant la source de nombreux gaspillages (54% des matériaux issus de la démolition sont mis en installation de stockage) (Ellen MacArthur Foundation, Sun, McKinsey Center for Business and Environment, 2015). La déconstruction est aussi en mesure de réduire le stockage de déchets dans des décharges sauvages, les brûlages intempestifs et les enfouissements directs sur les chantiers (sources de pollution de l'eau, de l'air et des sols) (ORÉE, 2018). Le diagnostic déchets est ainsi obligatoire depuis 2012 pour les bâtiments de plus de 1 000m². Aujourd'hui, une consultation est ouverte concernant des projets de décrets relatifs au diagnostic portant sur la gestion des produits, matériaux et déchets issus de la démolition ou réhabilitation significative de bâtiments, afin que le « *diagnostic déchets soit remplacé par le diagnostic « produits, matériaux et déchets » à partir du 1^{er} juillet 2021* ». La loi de transition énergétique pour la croissance verte de 2015 (LTECV), quant à elle, a ainsi imposé au secteur du BTP de valoriser 70% de ses déchets d'ici 2020, tout en réduisant le recours à l'enfouissement (L'Institut Paris Region, 2020).

Lauréat de l'appel à projets de R&D « Déchets du BTP » 2012 de l'ADEME, la démarche BAZED (Laclau, 2015) a pour objectif l'accompagnement dans la conception de bâtiments permettant de réduire leur production de déchets à toutes les étapes de leur cycle de vie. On peut également noter le projet DÉMOCLÈS (DEMOCLES, 2018) plateforme collaborative d'acteurs dont l'objectif est d'améliorer les pratiques en matière de prévention et de gestion des déchets issus de chantiers de réhabilitation lourde et de démolition.

Pour l'aménageur, la réutilisation des éléments remblayés a des bénéfices économiques non-négligeables : l'évitement de la mise en décharge (et donc des coûts associés), ainsi que l'évitement du surcoût lié aux matériaux recyclés grâce à la réutilisation des matériaux du site.

2.2.4.3.1 Éco-conception des bâtiments pour faciliter leur déconstruction

Lors de la création de nouvelles constructions, il est essentiel d'intégrer les potentiels usages futurs en anticipant la réversibilité et la reconversion des bâtiments (Cf. Partie « Réutiliser le bâti pour d'autres usages ») ou leur déconstruction.

Prévoir l'écoconception des bâtiments en amont permet de favoriser la déconstruction des bâtiments en aval, notamment via une ACV prenant en compte l'ensemble des étapes de vie des matériaux. L'objectif sera alors de prévoir la démontabilité des matériaux à la fin de vie de l'ouvrage, permettant de réduire les coûts de la déconstruction. Plusieurs solutions existent alors (Laclau, 2015, ORÉE, 2018) :

- En termes de formes et structure (utilisation de la structure poteaux-poutre, travées ouvertes, portées structurelles maximales, grilles structurelles standard, connecteurs visibles et accessibles, indépendance des couches) ;
- Pour l'assemblage (assemblage mécanique, éléments utilisés homogènes, démontabilité par outils courants) ;
- Pour les matériaux (de préférence mono-matériaux, recyclages, résistants, durables, à faible déformation, en finition brute) ;
- Pour les équipements (systèmes séparés, non-intégrés au support ; réseaux apparents, extérieurs et consolidés).

La publication « Pratique opérationnelle de l'ACV Bâtiment en écoconception et aide à la décision », éditée par l'ADEME, offre un certain nombre de retours d'expériences concrets quant à ces pratiques.

2.2.4.3.2 Bonnes pratiques de déconstruction

En amont des travaux, la mise en place d'un diagnostic déchet permet d'identifier les opportunités de réemploi, de recyclage, de valorisation pour éviter les pertes de matières. Il se réalise grâce à un inventaire détaillé, quantifié et localisé des gisements, suivi d'une étude des possibilités de réemploi sur site et des filières de gestion des déchets.

³⁵ Bien qu'il soit toujours préférable de réhabilitation en conservant la majeure partie des matériaux que de déconstruire pour reconstruire

Que les maîtres d'ouvrage soient publics ou privés, il est pertinent d'intégrer dans le cahier des charges des objectifs chiffrés et des clauses techniques générales et particulières, liés notamment à la construction à base d'éco-matériaux et à la déconstruction (DEMOCLES, 2018, ORÉE, 2018).

Au-delà du diagnostic et du cahier des charges, de nombreuses bonnes pratiques sont à mettre en œuvre lors du chantier de déconstruction (ADEME, 2016, ORÉE, 2018) :

- Via l'organisation du site et les outils à mettre en œuvre (démarche SOGED³⁶, mise en place de fiches de suivi des matériaux et ressources secondaires) ;
- Dans la gestion du personnel (identification d'un référent pour coordonner la gestion des gisements et des déchets, formation, sensibilisation, visite mensuelle du chantier par le donneur d'ordre) ;
- Dans les opérations directes (dépose sélective, séparation des gisements à la source et réemploi sur site, évacuation vers des filières présélectionnées).

À cet égard, la publication « [Comment mieux déconstruire & valoriser les déchets du BTP](#) » réalisé par ORÉE avec le soutien de l'ADEME, met en avant des retours d'expériences de déconstruction réussie et efficace.

Les collectivités sont ainsi en mesure d'accompagner et de jouer un rôle de coordinateur entre les différentes filières et les chantiers de construction, afin de faciliter l'échange d'informations et les flux de matériaux (ORÉE, 2018).

Concernant plus spécifiquement la déconstruction des routes, il est nécessaire de réaliser au préalable une étude de trafic pour appréhender la répartition des flux en concertation avec les parties prenantes. La création d'une nouvelle voirie va en effet avoir des impacts sur d'autres voies qui vont être moins utilisées. Il s'agit ensuite de mettre en place les travaux de déconstruction et d'engager une réflexion sur le recyclage des matériaux. L'objectif est également de récupérer la terre végétale des projets de nouvelles routes pour participer à la réhabilitation des sols des routes déconstruites.

2.2.4.4. La reconquête des friches

2.2.4.4.1. *Principes, freins, leviers*

La reconquête des friches est au croisement de multiples enjeux : maîtrise de l'étalement urbain, remise en état des sites dégradés, santé et bien-être, préservation de l'environnement, développement économique et renouvellement de l'image du territoire. Elle présente de réelles opportunités foncières pour développer des projets territoriaux ambitieux qui s'inscrivent dans une stratégie de sobriété foncière et d'économie circulaire (recyclage des fonciers dégradés) (ADEME (2018c)).

Par ailleurs, les enjeux cruciaux d'adaptation au changement climatique (trajectoire 2°C, etc.) et de préservation des ressources (eau, matière, alimentation) et de protection et restauration de la biodiversité appellent des réflexions foncières et d'aménagement pour lesquelles les friches sont des vecteurs de solutions (ADEME (2020c)).

L'importance de mobilisation de ces fonciers dégradés est ainsi soulignée dans les stratégies foncières engagées par les Régions, dans le cadre de leur Sraddet.

On peut distinguer différents types de friches, souvent polluées, allant de la friche en centre-ville dynamique (avec une certaine valeur foncière et où le coût de la dépollution est supportable) à la friche située en milieu rural (qui a peu de chance d'être réhabilitée). On observe également une diversification des friches. Traditionnellement industrielles et relativement centrales, les friches commerciales ou

³⁶ Schéma d'organisation et de gestion des déchets

logistiques en périphérie se multiplient. Sont également concernées, les anciens sites militaires ou friches administratives des services publics à l'abandon. Cette diversité de statuts, les problématiques variées auxquelles elle renvoie et la prise de conscience au niveau local de la place qu'elles peuvent prendre dans les stratégies de limitation de l'artificialisation, nécessitent une meilleure connaissance de celles-ci (Laperche, 2020).

En fonction de la qualité écologique du site ou de son contexte urbain (carence en espaces verts ou rétablissement d'une continuité écologique par exemple), le choix de destination de la friche peut également aller entièrement à la biodiversité comme sur certaines portions des anciennes voies de chemin de fer de la petite ceinture à Paris (Scapino, 2016), ou passer par une renaturation, comme à Sevran (ADEME, 2020a, Labo du SCOT Métropolitain. 2018). Lors du réinvestissement d'une friche, il est donc essentiel de bien connaître les fonctions du sol et des écosystèmes qui y vivent afin d'orienter le choix du nouvel usage (Cf. [Section 2.4.4 La réhabilitation écologique des friches polluées](#)).

Quoi qu'il en soit, leur mobilisation soulève un certain nombre de difficultés opérationnelles. Bien que souvent situées dans des espaces relativement centraux des villes, avec une certaine valeur foncière, leur transformation peut se heurter à des pollutions multiples rendant le bilan économique de l'opération déséquilibré. (ADEME, 2018c). La maîtrise du foncier représente également un frein majeur à la réaffectation des friches (Gauthier, 2018). Toutefois, héritages de pratiques peu respectueuses de l'environnement, les friches s'avèrent bien souvent impropre à tout nouvel usage sans dépollution et/ou mise en œuvre de techniques de construction et d'aménagement adaptées, en vue d'assurer la maîtrise des risques sanitaires ou environnementaux associés. Il s'agira notamment d'engager des actions de dépollution visant à rendre le site propice à la création de logements, d'infrastructures (cf. [§2.2.4.4.3](#)). Sans compter la présence de bâtiments, parfois obsolètes, dégradés ou contenant des matériaux amiantés, qui peut être incompatible avec l'usage visé et générer des coûts de gestion et des délais dans la mise à disposition du foncier.

La prise en compte, dans une démarche de type « coût global », des effets directs et indirects qu'un tel projet de reconversion peut induire (ex : amélioration de l'attractivité d'un quartier, réduction du besoin en infrastructures et en déplacements, maintien de capacité de stockage de carbone dans les sols, etc.) devient essentielle pour éclairer les choix des acteurs de l'aménagement et de la reconversion des friches (collectivités, aménageurs, promoteurs, acteurs des énergies renouvelables, etc.) et aider à la concrétisation de projets, en dépassant le seul bilan économique du projet (cf. [§ 2.2.4.4.2](#)).

Dans le cadre du Plan de Relance, le Ministère de l'Économie a mis en place un fonds de recyclage des friches et du foncier artificialisé sur les années 2021 et 2022. L'objectif est de financer, pour un montant total de 300 millions d'euros, les opérations de recyclage des friches urbaines et industrielles dans le cadre de projets d'aménagement urbain de revitalisation des centres-villes et de relocalisation des activités. Le gouvernement estime que cette action devrait permettre d'éviter 1 500 ha d'artificialisation. Une partie de ce fonds (40M€) est géré par l'ADEME, afin de renforcer son appel à projets annuel dédié à la reconversion de friches polluées pour différents types d'usage (dont l'adaptation au changement climatique ou la restauration de la biodiversité), existant depuis 2010, et une petite partie finance le développement et déploiement d'outils du CEREMA, dont l'inventaire national Cartofriches et l'outil d'appui à la reconversion UrbanVitaliz.

2.2.4.4.2. Bénéfices socio-économiques de la reconversion des friches

L'ADEME, avec le soutien d'Arcadis et d'Efficacity, a développé l'outil BENEFRIES. Son objectif est de quantifier les bénéfices nets socioéconomiques et environnementaux d'un projet d'aménagement pour aider les collectivités et acteurs de l'aménagement à orienter leurs choix d'implantation entre le renouvellement urbain et l'extension urbaine (sur une friche vs. sur des terres agricoles), voire entre différents scénarios d'usage sur une même friche (logements vs. parc paysager par exemple). (ADEME, 2020a).

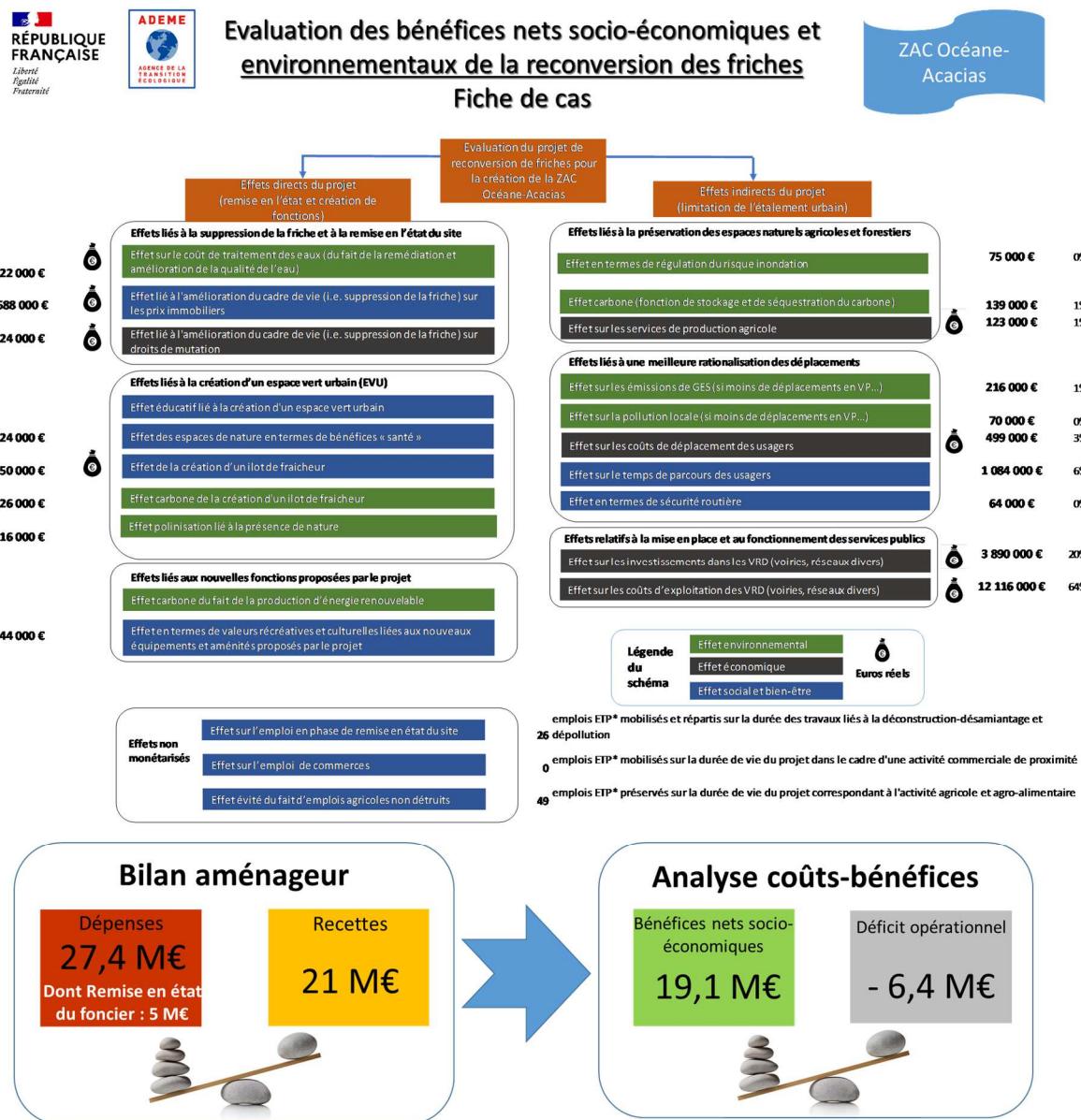


Figure 26 : Evaluation des bénéfices nets socio-économiques et environnementaux de la reconversion de friches (Source : ADEME)

L'application de l'outil BENEFICHES sur des études de cas a permis la mise en évidence d'un certain nombre de conclusions : « *la reconversion de friches génère des bénéfices nets socio-économiques pouvant compenser le déficit économique de l'opération. En effet, les études de cas ont mis en évidence que les bénéfices associés aux projets de reconversion tels que la limitation des coûts liés à l'étalement urbain (par exemple réduction du besoin en infrastructures et en déplacements), la hausse des valeurs immobilières et foncières à proximité de la friche reconvertie ou encore le maintien de capacité de stockage de carbone dans les sols constituent des bénéfices dont les montants sont supérieurs aux surcoûts liés à la réalisation du projet sur un site dégradé (coûts de dépollution, désamiantage, déconstruction)*

2.2.4.4.3. Solutions techniques de gestion de la pollution des sols

Le maître d'ouvrage ou le porteur de projet qui est à l'initiative du changement d'usage doit s'assurer de la compatibilité entre l'usage prévu et la situation environnementale du site (enjeu/cibles à préserver, état de pollution, etc.). Il leur revient de démontrer, en s'appuyant sur la Méthodologie Nationale de Gestion des Sites et sols Pollués d'avril 2017 (Ministère de la transition écologique, 2017), que les actions prévues sont adaptées pour l'usage futur (ex : parc urbain, production potagère, production biomasse non alimentaire, etc.). Il s'agit ainsi d'élaborer un programme d'actions prévues pour la dépollution du site (mesures de gestion) d'ampleur suffisante pour le rendre apte à accueillir le projet d'aménagement envisagé. La méthodologie nationale prévoit la réalisation de plusieurs études successives avant tout démarrage de travaux, qu'il convient de respecter :

- Études historiques et documentaires
- Diagnostics d'état des milieux (sol, gaz du sol, eaux souterraines, air ambiant si nécessaire)
- Plan de gestion, essais de faisabilité, plan de conception de travaux

En effet même si la tentation peut être grande, notamment pour des raisons économiques, de démarrer rapidement les travaux, au détriment de ces études, l'expérience montre que les porteurs de projet en sortent rarement gagnants.

Le processus de gestion s'articule autour de 3 principes essentiels :

- Le traitement des sources de pollution et des pollutions concentrées
- L'examen du risque plutôt que celui du niveau de pollution intrinsèque
- La gestion du site en fonction de l'usage auquel il est destiné

Cette démarche se veut pragmatique, en conservant comme objectif, la maîtrise sur le long terme des impacts sanitaires et environnementaux des sites et sols pollués. Pour cela, le plan de gestion, cœur du dispositif de reconversion de la friche, concerne aussi bien l'état initial du site que les usages retenus avec comme priorité la suppression de l'impact des pollutions grâce à des mesures de gestion selon une approche de type « coût-avantage ». Le plan de gestion doit donc être en cohérence avec la version la plus récente du projet afin de vérifier que les évolutions de ce dernier ne remettent pas en cause les scénarios de gestion envisagés. Il peut être complété par un plan de conception des travaux qui permet d'affiner et de sécuriser le choix d'une ou plusieurs solutions parmi celles étudiées dans le cadre du bilan « coût-avantage ».

Cette démarche progressive qui conduit à réduire les incertitudes et autres aléas augmente d'autant les chances de succès de l'opération. La solution finalement retenue vise le meilleur compromis environnemental, sanitaire, technique et économique. Cette approche pragmatique peut conduire à accepter que certaines pollutions résiduelles restent en place, après s'être assuré, par le biais d'une évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS), de leur innocuité sanitaire et environnementale. Ces pollutions résiduelles peuvent, dans certains cas, conduire à imposer des mesures constructives, des restrictions d'usage voire des servitudes afin de garantir le maintien des risques sanitaires à un niveau acceptable (ADEME, 2020c).

S'agissant de la dépollution, il existe une grande variété de techniques -l'outil d'aide à la décision SELECDEPOL³⁷, développé par l'ADEME et le BRGM en recense 35 que l'on peut classer en trois grandes catégories :

- Les techniques de dépollution en place (ou *in situ*), qui consistent à traiter les pollutions directement sur les sols en place et/ou les eaux souterraines. Ces méthodes reposent sur des traitements biologiques, physiques ou thermiques (sans nécessiter une excavation) et ont vocation à traiter la pollution localisée dans les sols et/ou dans les eaux souterraines.
- Les techniques de dépollution sur site (ou *on site*) visent à mettre en place un centre de traitement temporaire sur la parcelle du projet pendant sa durée et à remplacer les terres polluées sur le site. Différentes techniques de traitement (biotertre, andain ventilé, unité mobile de désorption thermique ou de lavage des sols) peuvent être utilisées sur site.
- Les techniques de dépollution hors site (ou *off site*) qui consistent à excaver les sols et à les déplacer vers un centre de traitement adapté (type biocentre, incinérateur ou installation de stockage de déchets...).

Au-delà de ces techniques de traitement de la pollution, il existe également des méthodes de gestion de la pollution, qui visent davantage à limiter le transfert des polluants vers d'autres milieux (air, eaux, sédiments, végétaux, faune du sol etc.). On distingue notamment :

- Le confinement, qui consiste à construire des barrières étanches (géo-membrane, couverture imperméable, paroi moulée) sur le site de la contamination, de manière à supprimer tout transfert de la pollution vers l'environnement.
- La phytostabilisation, qui consiste à utiliser des espèces végétales pour immobiliser certains polluants inorganiques dans les sols, avec ou sans ajout d'amendements.

À retenir :

- L'évitement lors du choix d'opportunité et l'évitement géographique (dès lors que le projet est réalisé sur un espace d'ores et déjà bâti) sont considérés comme de l'évitement de l'artificialisation
- Concernant le choix d'opportunité, la publication présente des solutions afin d'éviter d'artificialiser autre mesure pour l'habitat, les infrastructures de transport et le commerce
- Pour permettre une densification désirable, il s'agira de travailler sur la densité perçue, la mise en avant des co-bénéfices du renouvellement urbain, la prise en compte des espaces de nature en ville et le développement des mobilités douces
- La réutilisation du bâti existant est également un enjeu important, via l'action sur le taux de vacance, le changement d'usage des bâtiments inutilisés et la surélévation du bâti existant.
- La reconquête des friches est un levier intéressant d'évitement de l'artificialisation, à condition qu'elle n'engendre pas de nouveaux impacts sur les sols. Ce processus est au croisement entre de multiples enjeux : maîtrise de l'étalement urbain, remise en état des sites dégradés, santé et bien-être, préservation de l'environnement, développement économique et renouvellement de l'image du territoire
- Les friches sont de nature très différente et appellent à des réponses contextualisées. Leur mobilisation soulève un certain nombre de difficultés opérationnelles, notamment liées aux coûts des projets. Des outils comme Bénéfriches, développé par l'ADEME, permettent de nuancer ces coûts, en intégrant des considérations sociales et environnementales

³⁷ www.selecdepol.fr

2.3. Réduire l'artificialisation et ses effets

2.3.1. Définition et enjeux autour de la réduction

Les lignes directrices sur la séquence ERC introduisent la mesure de réduction comme étant une « mesure définie après l'évitement et visant à réduire les impacts négatifs permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement, en phase chantier ou en phase exploitation » (MTES, 2018b).

La mesure de réduction peut avoir plusieurs effets sur l'impact identifié. Elle peut agir en diminuant soit la durée de cet impact, soit son intensité, soit son étendue, soit la combinaison de plusieurs de ces éléments, ceci en mobilisant les meilleures techniques disponibles (moindre impact à un coût raisonnable). Toutes les catégories d'impact sont concernées : impacts direct, indirect, permanent, temporaire et cumulé (MTES, 2018b).

Comme vu dans la partie « Éviter l'artificialisation », l'évitement géographique sur un espace de moindre intérêt écologique et l'évitement technique sont plutôt considérés comme des mesures de réduction lorsqu'ils sont appliqués à l'artificialisation, ne permettant pas l'absence totale d'impacts sur les sols. Nous développerons donc dans cette partie :

- (i) le déplacement géographique, qui consiste à réduire l'impact en évitant les sols de meilleure qualité, c'est-à-dire qui assurent le plus de fonctions écologiques et rendent le plus de services écosystémiques (notamment via leur sanctuarisation)
- (ii) la réduction de l'emprise des projets, via le développement de nouvelles formes bâties et non bâties ;
- (iii) l'adaptation technique, pour réduire l'imperméabilisation des nouveaux projets ;
- (iv) la construction dans des espaces urbains non imperméabilisés.

2.3.2. Des espaces à sanctuariser pour ne pas s'y implanter

Il est essentiel d'élaborer une réflexion sur la nature des zones d'implantation pour réduire au maximum les effets de l'artificialisation, en sanctuarisant les ENAF, les sols de meilleure qualité et les parcelles placées de façon stratégique dans les paysages.

Dans un premier temps, il est important de sanctuariser les ENAF les plus intéressants (espaces protégés, zones humides, forêts, espaces agricoles, TVB).

Dans le but de protéger la biodiversité et les écosystèmes terrestres et aquatiques, il est essentiel de contourner les espaces protégés (parcs nationaux, réserves naturelles, sites Ramsar, ZNIEFF, ZICO, sites Natura 2000, réserves nationales de chasse et de faune sauvage, réserves de biosphère, aires de protection de biotope, espaces naturels sensibles, etc.). [La plateforme Géoportail](#) permet la diffusion des données d'information géographique et donc la cartographie de ces espaces protégés.

Les zones humides et les massifs forestiers ne font pas forcément l'objet de protections réglementaires mais représentent tout de même des espaces privilégiés pour la biodiversité. Il est possible de trouver les données correspondantes à ces milieux via [CORINE Land Cover](#) et les sites des DREAL/DRIEE pour chaque région, les données étant cependant assez hétérogènes selon les territoires.

Toujours dans le but de protéger la biodiversité et les écosystèmes terrestres et aquatiques, les Trames vertes et bleues (TVB) doivent, dans la mesure du possible, être préservées de l'artificialisation, celles-ci étant des zones essentielles pour les espèces : habitat, alimentation, repos, reproduction, etc. Chaque région a établi dans [son Schéma régional de cohérence écologique \(SRCE\)](#) (maintenant intégré au SRADDET) une cartographie de la TVB qu'il est nécessaire de prendre en compte.

Concernant, les zones agricoles, la question est d'autant plus importante que l'artificialisation se fait principalement sur les espaces agricoles les plus fertiles. Ainsi se sont développés depuis la moitié du

siècle dernier des outils d'évaluation de la qualité agricole des terres d'abord principalement orientés vers la qualité pédologique des sols, notamment la structure des sols : le Storie Index Rating (Storie, 1933). Plus récemment, le LESA (Pease et Coughlin, 1996) ou le Canadian Land Suitability Rating System for Agricultural Crops se sont développés pour mieux prendre en compte les aspects climatiques, la fertilité locale ou la mise en valeur potentielle des sols (efficience du sol à la fertilisation). Ils restent cependant très perfectibles pour estimer des niveaux de production potentiels qui se rapprochent des données de production observées localement (Béchet *et al.*, 2017).

Concernant le potentiel agronomique, il existe également le projet Typterre qui a permis de passer à un nombre plus facilement manipulable de types de sols agronomiques dans les Référentiels régionaux pédologiques (RRP). On peut aussi noter les travaux du Cemagref, du Cirad et de l'INRAE concernant l'interprétation des indicateurs s'appuyant sur l'exploitation de l'Indice de qualité des sols. Sur un territoire, il est également possible de s'appuyer sur une étude pédologique réalisée grâce à un pédologue, qui peut servir d'outil d'aide à la décision en établissement des bases scientifiques, à partir de paramètres objectivables, concernant la qualité des sols. Le Conseil départemental du Haut-Rhin a par exemple commandé une étude pédologique pour évaluer scientifiquement la qualité des sols des parcelles agricoles faisant l'objet d'un aménagement foncier.

Il serait pertinent de sanctuariser les meilleurs sols agricoles pour leur fonction alimentaire (alimentation locale, souveraineté alimentaire) et les autres usages (bioénergie, biomatériaux, etc.). Les sanctuariser permettrait également de minimiser l'agriculture sur des sols de moindre qualité, qui demande beaucoup plus d'intrants et de travaux (drainage, irrigation, labours) et plus de surface pour compenser les pertes de rendements, ce qui entraîne des impacts importants sur l'environnement (émissions de GES, pollutions, perte de biodiversité, etc.). Enfin, une partie importante des sols agricoles supporte une biodiversité significative (comme les prairies permanentes ou les polycultures en agroécologie).

Des exemples de préservation d'espaces agricoles dans des projets d'aménagement existent ainsi, notamment à travers les outils AEU₂ de l'ADEME. Le complément « écosystèmes » du guide de l'AEU₂ (ADEME, 2016) met en avant des retours d'expérience ambitieux, tels que le marais de la Lawe à Béthune, le SCoT du Pays de Rennes, la commune de Clairmarais, la commune de Villerbon, etc.

La sanctuarisation des ENAF les plus intéressants n'est toutefois pas suffisante pour sanctuariser et conserver les sols de meilleure qualité, c'est-à-dire ceux dont les fonctions écologiques sont les mieux préservées et donc ceux en mesure de fournir davantage de services écosystémiques. Les espaces protégés le sont majoritairement pour des espèces qui vivent au-dessus du sol (pas dans le sol) et considèrent peu la connaissance des sols (ainsi que pour les trames vertes et bleues, auxquelles il conviendrait de rajouter une trame brune³⁸). En milieu urbain dense, tout sol non-imperméabilisé est très important, puisqu'en mesure de fournir de nombreux bénéfices pour les citoyens aux alentours (bien-être mental, pratique sportive, lutte contre les îlots de chaleur, etc.) ou la collectivité (gestion des eaux de ruissellement, limitation des inondations, recharge des nappes d'eau souterraine, etc.). Il est donc nécessaire de développer l'évaluation des fonctions et des services écosystémiques rendus par les sols, sur laquelle l'ADEME travaille actuellement, afin de sanctuariser les sols fournissant le plus de services écosystémiques³⁹. De même, il est nécessaire de déterminer les emplacements des parcelles dans les paysages (hydro(géo)logiques, ruraux, urbains, écologiques, etc.) les plus à même de démultiplier les services écosystémiques rendus par les sols de ces parcelles et de les sanctuariser.

³⁸ Favoriser la trame brune permet des connectivités souterraines pour la biodiversité, mais aussi pour la trame bleue

³⁹ Voir aussi l'IBQS de Bruxelles Environnement

2.3.3. Le développement de nouvelles formes urbaines plus denses

Gagner en efficacité sur les extensions urbaines permet de réduire substantiellement les surfaces artificialisées pour un nombre de logements ou une surface bâtie donné. Alors que l'artificialisation progresse plus vite que la population, la densité des extensions urbaines pose question : le Cerema (2020b) met par exemple en avant qu'entre 2009 et 2017, l'artificialisation de 11,7 hectares à Nantes a permis d'accueillir 11 138 ménages supplémentaires alors que l'artificialisation de 6,5 hectares dans la commune de Pellerin s'est accompagnée de l'accueil de seulement 258 ménages : le rapport d'efficacité est de 1 à 25 en faveur de Nantes.

Le PLU(i), relai des orientations du SCoT, est l'outil réglementaire central pour encourager des extensions denses (Cf. § 2.1. La nécessité d'une planification territoriale). Il peut notamment définir des règles de gabarit (hauteur, emprise au sol) ou d'implantation (retrait par rapport aux limites parcellaires et aux voiries), et fixer une densité minimale de logements à l'hectare et des principes qualitatifs d'implantation au sein d'une OAP (Orientations d'Aménagement et de Programmation) sur une partie du territoire. Il peut également élaborer un secteur de plan de masse sur une partie du territoire et ainsi imposer une forme urbaine et une densité aux développements futurs.

Un travail contextualisé sur les formes urbaines est nécessaire pour concilier ce que la majorité des français recherchent dans la maison individuelle (calme, intimité, espace extérieur privatif) avec les qualités de l'habitat collectif en termes de sobriété foncière (l'habitat collectif progresse au même rythme que l'habitat individuel, i.e. + 17% entre 2006 et 2014 selon Teruti-Lucas, mais il ne représente que 3% des nouvelles surfaces artificialisées) et d'accès aux aménités. L'enjeu, comparativement au pavillonnaire classique (moins de 15 logements par hectare), est la réduction de la taille moyenne des parcelles et le passage à une implantation du bâti davantage continue.

La construction en souterrain (pour des parkings notamment, mais également pour des entrepôts, des bâtiments industriels, etc.) pourrait être une solution pour minimiser la consommation d'espaces. Elle pose cependant de nombreuses questions, liées à son impact significatif sur les sols.

2.3.3.1. L'habitat dense individualisé

L'habitat dense individualisé correspond à une maison individuelle bâtie sur un terrain de taille plus modeste que le pavillonnaire. C'est une alternative au pavillon permettant d'obtenir un logement individuel et un espace extérieur privatif avec une densité à l'hectare supérieure.



Figure 27 : Bloembollenhof Vijfhuizen, lotissement de maisons individuelles denses aux Pays-Bas (52 logements par hectare) (Source : Studio Woodroffe Papa)

La maison de ville en bande alignée a l'avantage de fournir de petits espaces extérieurs privatifs d'un seul tenant tout en minimisant les espaces ouverts perdus comparativement à un pavillon posé au milieu de sa parcelle. Historiquement, la maison de ville en bande alignée permet de dégager des coeurs d'îlots verts (Tricaud, 2020). En termes de biodiversité, des progrès sont à effectuer pour permettre l'interconnexion de ces coeurs d'îlots verts. Ce type d'habitat permet d'atteindre des densités de 30 à 70 logements par hectare.

Le béguinage est une alternative à ce modèle qui promeut densité (implantation en bande), intimité (maisons individuelle) et partage au sein d'espaces ouverts communs (Tricaud, 2020). Il est particulièrement indiqué comme solution de logement adapté au vieillissement de la population.



Figure 28 : Projet de béguinage dans la ZAC du Centre à Cappelle-la-Grande (Nord) (Source : Yannick Vandaële, architecte, pour Flandre Opale Habitat)

2.3.3.2. L'habitat intermédiaire

L'habitat intermédiaire (ou semi-collectif) est une forme hybride entre l'habitat individuel et collectif. Ne dépassant pas les 3 étages avec une superposition des logements, il élimine les espaces communs de l'habitat collectif (cages d'escaliers, couloirs) en conservant un principe d'accès extérieur individualisé au logement ainsi que des espaces extérieurs privatifs (grande terrasse ou balcon, loggia, patio, jardin). Il permet d'atteindre des densités d'environ 40 à 100 logements par hectares.



Figure 29 : Logements intermédiaires à Sainte-Geneviève-des-Bois (environ 100 logements/hectare) (Source : Fabienne Gerin Architecte)

2.3.3.3. S'inspirer de l'urbanisme haussmannien

La forme urbaine caractéristique de l'urbanisme haussmannien permet d'atteindre les densités d'habitat les plus élevées : la densité moyenne de Paris intra-muros est d'environ 20 000 habitants au km², avec un pic à 40 000 habitants dans le 11^{ème} arrondissement. La combinaison de bâtiments de hauteurs moyennes (6 à 8 étages) implantés en îlot compacts et fermés aux surfaces de cours intérieures restreintes permet cette performance. Si la densité perçue d'un tel tissu est souvent moindre que celle des barres et tours des grands ensembles, bien plus généreux en espaces ouverts, le tissu haussmannien interroge quant à la quasi-absence d'espaces de pleine terre et la modestie des espaces extérieurs privatifs accessibles aux habitants (balcons, terrasses, jardins d'hiver ou toits terrasses), deux sujets à réintégrer dans les réinterprétations contemporaines des tissus haussmanniens.

On peut notamment noter « l'effet barbecue », c'est-à-dire une sobriété des résidents centraux pour leurs déplacements quotidiens qui s'accompagne d'une forte mobilité à plus longue distance lors des week-ends et des vacances, générant plus d'émission de CO² (avions notamment) et annihilant ainsi les effets positifs de la densification (Orfeuil, 2020). Cette approche est à lier avec celle du Zéro Emission Nette qui n'est pas traité dans ce présent document.

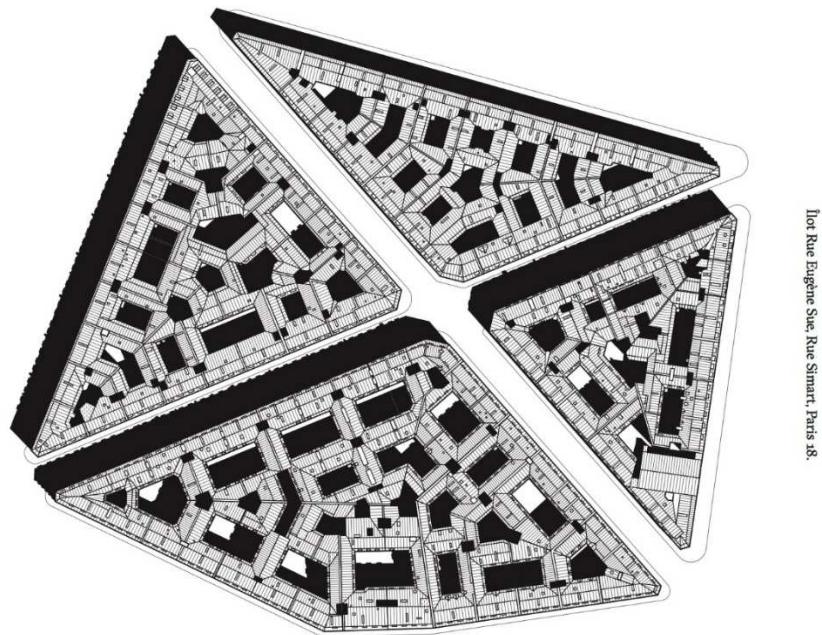


Figure 30 : îlot haussmannien dans le 18ème arrondissement. Malgré une forte porosité vue du ciel, les espaces ouverts restent modestes et indépendants (Source : exposition « Paris Haussmann, modèle de ville », Pavillon de l'Arsenal, Lan Architecture, Franck Boutt)

L'architecte urbaniste Christian de Portzamparc propose une alternative à l'îlot haussmannien intégrant davantage ces enjeux au sein du concept d'îlot ouvert. Mis en pratique dans le quartier Masséna de l'opération Paris Rive-Gauche à Paris, les bâtiments (un peu plus hauts) sont implantés plus librement au sein de l'îlot, s'affranchissant de la mitoyenneté, cherchant la lumière et dégageant des intérieurs d'îlots plantés de jardins, tout en gardant un rapport à la rue, garant de l'ambiance urbaine.

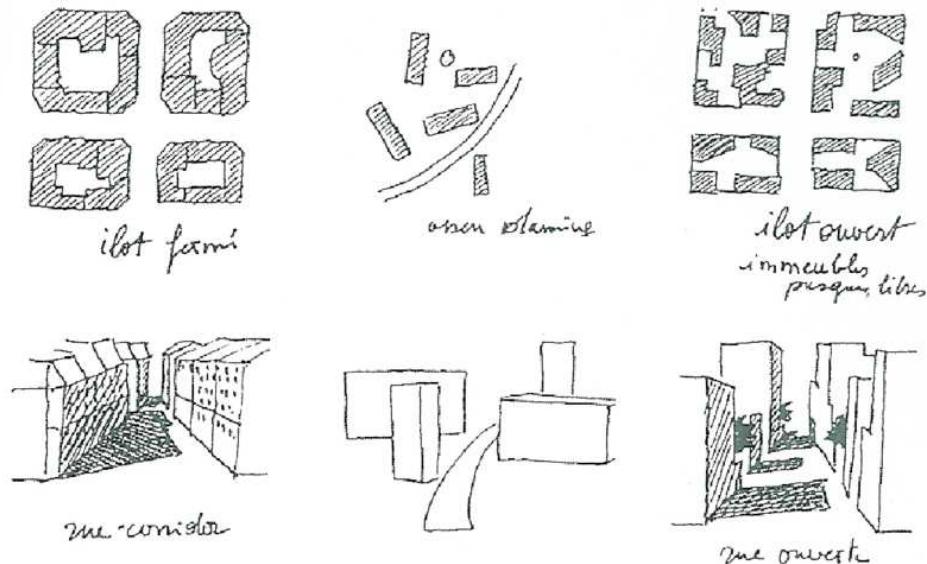


Figure 31 : Les trois âges de la ville (îlot fermé, plan libre, îlot ouvert) et l'îlot ouvert (dessins de gauche) de Christian Portzamparc (Source : Christian de Portzamparc)

2.3.4. La réduction de l'imperméabilisation et l'augmentation de la végétalisation dans les nouvelles constructions

La désimperméabilisation peut être définie par une action ou le résultat d'une action consistant à découvrir totalement ou partiellement un sol couvert par un revêtement ou une construction qui perturbe le cycle de l'eau. Elle peut ainsi conduire à deux processus : le sol d'un espace désimperméabilisé peut ensuite être réhabilité en vue d'une renaturation (et ainsi être considérée comme de la compensation de l'*artificialisation*) (cf. [§ 2.4.3.2](#)), ou, si l'usage le veut, faire l'objet de travaux visant à mettre en place des revêtements perméables, sur des parkings ou des chemins par exemple (Commission Européenne, 2012), ce qui relève de la réduction, objet du présent chapitre.

2.3.4.1. Les espaces à désimperméabiliser

Les premiers espaces sur lesquels l'imperméabilisation peut être réduite sont les espaces d'accompagnements des constructions : espaces publics, parkings, pieds d'arbres, terre-pleins, allées, cours, terrasses, etc. Différentes solutions existent (Prokop, 2011), depuis la conservation d'un maximum de pleine terre au sein d'un projet au coefficient de pleine terre (Cf. [§ 1.3.2. La mesure de l'*artificialisation* du point de vue des écosystèmes](#)) jusqu'à des solutions plus techniques perméables ou semi-perméables : mélange terre-pierre pour la plantation d'arbres d'alignement, gravier-gazon, dalles gazon, béton perméable, pavés aux jointures engazonnées, asphalte poreux, etc. pour les voies de circulation, les cours et les parkings (Comité de bassin Rhône Méditerranée, 2017). Les documents d'urbanisme peuvent également jouer un rôle en limitant par exemple le nombre de places de parkings obligatoires par logement.

L'implantation du bâti sur pilotis, surélevés par rapport au sol permet également de minimiser les impacts sur les fonctions d'infiltration d'eau des sols. [Le projet d'écoquartier de La Perche aux Marres au Perray-en-Yvelines propose ainsi la construction de 450 logements surélevés d'un mètre sur pilotis](#) (bâtiments et circulations) sur un espace naturel marqué par le passage du réseau historique des rigoles alimentant autrefois les bassins du château de Versailles.

La réduction de l'imperméabilisation doit s'observer également dans les projets d'infrastructures de transports. C'est par exemple le cas lors des créations de lignes de tramway végétalisées, limitant l'*artificialisation* sur les linéaires de voie. Des expérimentations sont en cours pour adapter le choix des essences à utiliser, avec [des effets bénéfiques potentiels en termes de gestion et d'entretien](#).

Concernant le développement du cyclisme, la faible largeur des véloroutes (environ 4 mètres) permet l'infiltration de l'eau aux abords, permettant ainsi d'éviter la formation d'immenses zones étanches (Vélo & Territoires, 2019). Lors du choix de revêtement, il est ainsi essentiel de prendre en compte les critères environnementaux liés à l'impact sur le milieu naturel et le réseau hydrographique, le comportement du revêtement avec l'eau, l'intégration paysagère de l'aménagement ainsi que sa durée de vie.

Bien qu'elles ne remplacent pas la pleine terre (et donc n'assurent pas les fonctions associées), et qu'il ne s'agit donc pas de réduction de l'imperméabilisation du sol au sens strict, les toitures végétalisées permettent de réduire l'impact de l'*artificialisation* des sols à l'échelle du bâti, via notamment la fourniture de plusieurs services écosystémiques : réduction potentielle du ruissellement des eaux de pluie, stockage du carbone, habitat pour certaines espèces, confort thermique des bâtiments et participation à la lutte contre les îlots de chaleur urbains – de manière plus marginale (Dusza *et al.*, 2018). Cependant, toutes les toitures ne se valent pas en termes de services rendus, ceux-ci dépendant de la composition et de la profondeur du substrat, et de la diversité des espèces, de la taille et des architectures de la végétation s'y épanouissant (CDC Biodiversité, 2017). [L'instauration d'un coefficient de biotope au sein d'un PLU\(i\) est une manière d'encourager la présence de toits végétalisés dans les nouvelles constructions](#).

2.3.4.2. La mise en œuvre d'actions de désimperméabilisation dans les espaces urbains

En ville, la pluie est systématiquement rejetée hors du système urbain, à l'instar des eaux usées, par des infrastructures en tout-tuyau. Les collectivités locales la perçoivent uniquement sous le prisme du risque, en partie à raison, car son ruissellement peut entraîner des inondations et des pollutions. Toutefois, la gestion de la pluie en réseau centralisé par les services d'assainissement des collectivités locales pose de plus en plus de problèmes. L'imperméabilisation des sols urbains, couplée aux bouleversements climatiques actuels, engendre à la fois un important ruissellement, des débordements et paradoxalement, des sécheresses majeures en ville. Face à l'échec des systèmes urbains résistants à la pluie, il s'agit aujourd'hui de passer à une stratégie de résilience, en intégrant la pluie en ville (Gautier, 2019). En opposition à l'évacuation rapide trop longtemps favorisée, de nouvelles approches de gestion des eaux pluviales ont vu le jour avec pour objectif de restaurer des fonctionnalités écologiques proches de celles du terrain avant urbanisation (Béchet *et al.*, 2017).

Compte-tenu de leurs compétences, les collectivités sont amenées à mettre en place des actions de limitation de l'imperméabilisation. Ces décisions peuvent se traduire dans les règlements des SAGE et SDAGE et contribuent à préciser les contours des projets financés ou co-financés par les Agences de l'Eau, les Régions et les Départements. Par exemple, le [SDAGE Rhône-Alpes 2016-2021](#) prévoit « *d'éviter, réduire et compenser l'impact des nouvelles surfaces imperméabilisées* ». L'objectif est d'inciter les collectivités à intégrer dans leurs documents d'urbanisme une désimperméabilisation des sols à hauteur de 150% des zones nouvellement urbanisées, ce qui contribue à l'atteinte de l'objectif de ZAN tout en étant bénéfique aux fonctions des écosystèmes.

Aujourd'hui, la nébulosité qui règne autour des solutions techniques de désimperméabilisation conduit les acteurs à écarter quasi-systématiquement ces pratiques, qui peuvent être perçues comme trop coûteuses et complexes. Les solutions techniques existent cependant depuis de nombreuses années et doivent être appréhendées par les acteurs. [Le guide « Vers la ville perméable : comment désimperméabiliser les sols »](#) (Comité de Bassin Rhône Méditerranée, 2017)⁴⁰ offre d'ores et déjà des solutions à mettre en œuvre pour les acteurs et notamment les collectivités.

Le déploiement des stratégies de désimperméabilisation peut représenter l'occasion de faire évoluer les systèmes de gouvernance et de gestion, en développant par exemple les démarches participatives. Ces démarches se développent particulièrement en Amérique du Nord, les mouvements « Depave », aux États-Unis, et « Sous les pavés », au Canada, qui invitent les habitants à désimperméabiliser des espaces bitumés de leur quartier, en sont une illustration.

Dans une même trajectoire que la désartificialisation, l'objectif de la désimperméabilisation est de retirer les couches empêchant l'infiltration de l'eau (sur les terre-pleins centraux, parkings, abords de cours d'eau, friches urbaines, cheminements cyclables, etc.). Il s'agit aussi d'intégrer une réflexion sur la déconnexion des eaux pluviales au réseau public dans toute opération de renouvellement urbain pour que l'action engagée soit augmentée (Cerema, 2019b).

In fine, l'objectif est d'engager une gestion alternative des eaux de pluie tout en la couplant à la réintroduction de la nature en ville (Cerema, 2019b). Pour accompagner ces mesures, certaines communes décident de mettre en place des Solutions fondées sur la Nature, intégrées aux projets urbains et favorables à la rétention de l'eau, afin de faciliter la réalisation du cycle de l'eau (noues enherbées, fossés, massifs drainants, jardins de pluie, chaussées réservoirs, tranchées, etc.) (Comité de Bassin Rhône Méditerranée, 2017).

⁴⁰ Comité de Bassin Rhône Méditerranée (2017). Vers la ville perméable, comment désimperméabiliser les sols, Guide technique du SDAGE, 64p.

Il est indispensable que certaines collectivités initient des travaux de désimperméabilisation afin de valoriser leurs bonnes pratiques tout en servant d'exemple. Aujourd'hui, la re-perméabilisation des villes et leur renaturation (Carré et Deutsch, 2015) sont au cœur des stratégies des agglomérations, à l'image de [la Métropole de Lyon avec son projet « Ville perméable »](#) (Grand Lyon, 2017), ou encore [la ville de Paris et son Plan Parispluie](#). C'est aussi le cas de la [Communauté d'agglomération du Grand Narbonne](#), qui a souhaité s'adoindre les services du Cerema pour identifier les zones à désimperméabiliser et les intégrer dans son Schéma de cohérence territoriale (SCoT). Pour chaque zone, il a ensuite été question d'estimer l'opportunité d'une désimperméabilisation afin de permettre à la collectivité d'utiliser ces zones pour compenser l'imperméabilisation liée à l'urbanisation prévue. Ainsi, le plan d'urbanisme contribue *in fine* à l'amélioration de la biodiversité, la réduction des dépenses de fonctionnement et des frais d'assurance, à l'augmentation de la résilience des territoires et la hausse du bien-être des citoyens.

L'ADEME finance le projet DESSERT « Désimperméabilisation des sols, services écosystémiques et résilience des territoires », avec pour objectifs :

- L'acquisition de connaissances du fonctionnement de sols urbains désimperméabilisés et leur aptitude à rendre des services écosystémiques ;
- L'élaboration d'une typologie des modalités de désimperméabilisation ;
- L'évaluation de l'efficacité de la désimperméabilisation en termes de renaturation des villes à partir de retours d'expériences de projets de désimperméabilisation ;
- La mise en œuvre et de suivi d'expérimentations de laboratoire pour l'optimisation des procédés de désimperméabilisation ;
- La mise en œuvre et de suivi au cours du temps de sites pilotes ;
- Le développement d'un outil multi-attributs d'aide à la conception de projets de désimperméabilisation des sols urbains.

Si la désimperméabilisation de l'espace public est nécessaire, il faut tout autant encourager la désimperméabilisation de l'espace privé (surfaces d'activités et résidentielles)

2.3.5. **Eviter de dégrader les sols lors des phases de chantier**

Les phases chantier génèrent généralement une dégradation des sols. La majeure partie des impacts lors de la phase chantier découle de manipulation (dépôt et déplacement) des terres excavées et du passage d'engins tassant, sur l'emprise du bâti et à proximité. Les types de dégradation sont multiples⁴¹ :

- L'érosion est importante lors de cette phase pour les constructions de bâtiments ou d'infrastructure car de la terre est mise à nu, privée de sa couverture végétale (la protégeant de l'érosion) et devient particulièrement sensible. De plus la compaction du sol diminue la capacité d'infiltration des sols et accentue le ruissellement. Cet effet se fait sur l'emprise du cadre bâti mais peut impacter des échelles spatiales plus large jusqu'au bassin versant.
- La compaction est également importante lors de cette phase, en cause les passages d'engins lourds. Dans le cas de la construction de bâtiment ou d'infrastructure, la compaction est même un effet recherché sur l'emprise de la construction. Elle impacte l'emprise du cadre bâti et les surfaces à proximité dans une moindre mesure.
- La chimie du sol est modifiée durant le chantier à cause des modifications physiques et des déplacements de terres excavées. Ils causent l'aération de certains volumes enfouis et la compaction de volumes habituellement aérés. Sous l'effet de la pluie, la mise à nu des sols génère le lessivage de nombreux nutriments, l'azote en particulier.
- Lors du chantier certains polluants de types huiles d'engins peuvent se déverser sur le sol. Des mauvaises pratiques, tel que des déchets (peintures, colles, plastiques, etc.) laissés sur place et enfouis peuvent aussi polluer les sols.
- La biologie du sol est impactée par des modifications importantes du milieu sol : en cause le tassemement, les manipulations de terres excavées, et les pollutions.

⁴¹ ADEME, I Care & Consult, Sol Paysage, ALTO, EVEA, 2017. Analyse critique de l'état des connaissances sur les impacts du cadre bâti sur les sols et des moyens d'évaluation de ces impacts. Rapport final. 100 pages.

Des recommandations peuvent être faites pour limiter ces dégradations (**tableau 7**).

La phase de caractérisation de la qualité des sols et leur cartographie en amont du chantier est importante, afin de planifier et dimensionner les actions permettant de réduire les impacts de la phase chantier sur la qualité des sols et réduire leur dégradation.

Tableau 7: Recommandations pour limiter la dégradation des sols lors des phases chantier^{42 43 44 45}

Lors de la phase chantier	Réduction des décapages au minimum indispensable	- limiter le décapage de sols aux surfaces excavées ou terrassées
	Limiter les pollutions	<ul style="list-style-type: none"> - prévenir la pollution lors du chantier (nettoyer et aspirer les boues, récupérer les déchets de chantiers et effluents liquides potentiellement polluants pour éviter de polluer les sols, réaliser le transvasement de produits dangereux au-dessus d'une zone de rétention étanche, utiliser des engins qui ne perdent pas d'huile, etc.) - dans le cas des terres excavées, trier et retirer les matériaux exogènes qui sont présents dans les sols (cas souvent rencontré en milieu urbain ou industriel)
	Limiter l'érosion	<ul style="list-style-type: none"> - éviter d'excaver les sols lorsqu'ils sont gorgés d'eau ou lors de pluies intenses - éviter de laisser les sols nus (enherber les sols en place, recouvrir les tas de terres excavées avec une bâche, voire les ensemencer) - adapter la taille et la forme des tas pour les terres excavées (calculer la taille, la hauteur, les pentes, etc. des tas en fonction notamment des caractéristiques du sol et des conditions climatiques)
	Limiter le tassemement	<ul style="list-style-type: none"> - prévenir les phénomènes de tassemement (réduire le nombre de passages, limiter les emprises des pistes au minimum, éviter de circuler ou d'excaver les terres lorsque les sols sont gorgés d'eau ou lors de pluies intenses, choisir les emplacements et délimiter les pistes en amont de la phase chantier après avoir caractérisés les sols de la parcelle) - utilisation de matériel adapté (véhicules à chenilles, allégement, pression au sol) - lors de l'entreposage, adapter la taille et la forme des tas pour les terres excavées, voire ensemencer, limiter le temps d'entreposage avant réutilisation
	Valoriser au maximum les sols sur place	<ul style="list-style-type: none"> - en priorité, laisser sur place les sols de la parcelle et réutiliser les terres excavées sur place (plutôt qu'importer des terres végétales) - caractériser les sols sur place pour connaître notamment leur valeur agronomique (cartographie des sols de la parcelle, analyses physiques, chimiques et biologiques, etc.), pour préserver les meilleurs sols (rendant de nombreux services écosystémiques) et pour orienter le futur aménagement

⁴² ADEME, I Care & Consult, Sol Paysage, ALTO, EVEA, 2017. Analyse critique de l'état des connaissances sur les impacts du cadre bâti sur les sols et des moyens d'évaluation de ces impacts. Rapport final. 100 p.

⁴³ UNEP, 2013. Règles professionnelles C.C.1-R0. Travaux de terrassement des aménagements paysagers. <https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/>

UNEP, 2012. Règles professionnelles P.C.1-R0 Travaux des sols, supports de paysage. Caractérisation, amélioration, valorisation et reconstitution.

⁴⁴ DEFRA, 2009. Construction. Code of practice for the sustainable use of soils on construction sites. 64 p.

⁴⁵ Office fédéral de l'environnement Suisse - OFEV, 2015. Sols et constructions. Etat de la technique et des pratiques. 113 p. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home.html>

Office fédéral de l'environnement Suisse - OFEV, 2005. Construire en préservant les sols. Livret et DVD-vidéo.

Office fédéral de l'environnement Suisse – OFEV, 2001. Instructions. Evaluation et utilisation de matériaux terreux. 22 p.

	<p>des espaces verts du site (choix des végétaux, choix des emplacements des éléments paysagers, planification des travaux, etc.)</p> <ul style="list-style-type: none"> - si les terres ont été excavées, leur entreposage temporaire doit respecter les horizons (couches) du sol (terres végétales, horizons sous-jacents, matériaux parentaux) et la remise en place des terres aussi (dans le même ordre, avec la même épaisseur, avec du matériel adapté évitant par exemple de compacter les sols) - améliorer les sols en place ou après remise en place (travail du sol pour les décompactier et les aérer, apport d'amendements, drainage) avant de les revégétaliser, ces travaux doivent se dérouler hors périodes de pluies et avec des sols non gorgés d'eau - éventuellement reconstruire les sols en utilisant les terres excavées (concassage des gros blocs de matériaux exogènes non pollués, mélange avec des amendements organiques, reconstitution des horizons de sols, etc.)
Importation de terres végétales	<ul style="list-style-type: none"> - demander une analyse physico-chimique du sol et le lieu d'origine de la terre pour éviter l'apport de terres polluées ou de mauvaise qualité - justifier la corrélation entre la qualité des terres importées et les besoins des végétaux ou des éléments paysagers que l'on veut recréer (ex. pH, texture)

2.3.6. La construction dans des espaces urbains non-imperméabilisés

Afin d'éviter de construire sur des espaces périurbains ou ruraux (ENAF) préservés, il est également possible de densifier via des emprises aux sols supplémentaires (par construction dans les dents creuses, extension horizontale du bâti, division de parcelles ou construction sur des espaces ouverts urbains).

Afin de concilier densification et enjeux urbains divers (acceptabilité, qualité de vie, enjeux d'adaptation au changement climatique, dimensionnement des réseaux et équipements du territoire), le concept de « densification douce » semble s'affirmer comme une densification contextuelle, adaptée aux caractéristiques des différents tissus urbains existants, ne changeant pas radicalement les formes urbaines (PUCA, 2020).

Une déclinaison de cette approche aux tissus pavillonnaires réside dans le concept de Build In My Backyard (BIMBY). À l'inverse du Not In My Backyard (NIMBY), qui traduit une attitude habitante défensive face aux mutations des tissus urbanisés, le BIMBY propose que l'habitant reste maître d'ouvrage de son habitat au gré de ses besoins et de ses projets, et produise, à l'unité, de manière diffuse, de nouveaux logements (Le Foll et Miet, 2013). Cette approche de la densification n'est pas sans soulever des enjeux d'acceptabilité à l'échelle du voisinage, ainsi qu'au regard des formes urbaines produites ou de l'impact sur les réseaux et équipements existants (Desgrandchamps *et al.*, 2010). La densification douce peut prendre plusieurs formes : division parcellaire et construction sur la nouvelle parcelle créée, construction d'appartements accessoires ou « *granny flats* », restructuration interne et/ou externe des grands pavillons – tout comme des grands appartements – pour division des logements (Touati, 2015).

Une démarche de densification douce maîtrisée par la commune peut passer par la révision du PLU à l'occasion de laquelle une analyse fine des potentiels de densification peut être effectuée à l'échelle parcellaire et être support de concertation avec les habitants, à l'exemple du village du Tremblay-sur-Mauldre, dans les Yvelines.

La densification horizontale au sein des espaces pavillonnaires peut s'apparenter à une mesure d'évitement dans le sens où elle ne se réalise pas sur des espaces naturels, agricoles et forestiers. Toutefois, l'adoption d'une approche tenant compte de la dégradation des sols au sein des espaces urbanisés rapproche davantage ce procédé d'une solution de réduction que d'évitement, puisque contribuant à l'artificialisation et à l'imperméabilisation des sols des parcelles.

Aussi, ces pratiques peuvent interroger quant au maintien de sols fonctionnels et de la biodiversité en milieu urbain (Cf. § 2.2.4.1.3. Prendre en compte la biodiversité comme condition sine qua non). Il peut s'agir notamment d'éviter, à l'occasion d'opération de densification en renouvellement, d'urbaniser les

sols les plus riches ou assurant des services écosystémiques indispensables (rafraîchissement urbain, infiltration des eaux de pluies réduisant les risques d'inondation, production locale d'aliments), de minimiser les impacts des chantiers, ou encore d'intégrer aux aménagements projetés et aux modes de gestion un ensemble de bonnes pratiques : noues, renaturation des rivières, fauches tardives, Zéro Phyto, refuges pour la faune et les insectes (Colsaet, 2017).

À retenir :

- Le contournement géographique sur un espace de moindre intérêt écologique et l'évitement technique sont considérés comme des mesures de réduction lorsqu'ils sont appliqués à l'artificialisation, ne permettant pas l'absence totale d'impacts sur les sols.
 - La réduction comprend ainsi l'évitement géographique, qui consiste à réduire l'impact en évitant les sols de meilleure qualité écologique (espaces protégés, zones humides, massifs forestiers, TVB, espaces agricoles de meilleure qualité)
 - Il s'agit également de développement de nouvelles formes urbaines plus denses (habitat dense individualisé, habitat intermédiaire)
 - La désimperméabilisation et l'augmentation de la végétalisation dans les nouvelles constructions et au sein des tissus urbanisés existants sont également à prôner. Les stratégies de désimperméabilisation doivent s'inscrire dans une réflexion plus large sur la déconnexion des eaux pluviales au réseau public dans toute opération de renouvellement urbain ou encore sur la continuité de la trame verte et bleue
 - Il est possible de densifier via des emprises aux sols supplémentaires (par construction dans les dents creuses, extension horizontale du bâti, division de parcelles ou construction sur des espaces ouverts urbains)
- Il est à noter que les phases chantier génèrent généralement une dégradation des sols (tassement, pollution, érosion, etc.), qu'il convient de limiter au maximum dans les projets

2.4. Compenser l'artificialisation en dernier ressort

Dans cette partie vont être précisés les différents processus et composantes liés à la compensation de l'artificialisation.

2.4.1. Définition et enjeux autour de la compensation

En dernier recours, des mesures compensatoires doivent être engagées pour apporter une contrepartie positive aux impacts négatifs résiduels, avec comme objectif d'atteindre, au mieux, un gain de biodiversité et au moins, l'absence de perte nette de biodiversité. Ces mesures appliquées à la biodiversité sont obligatoires pour compenser, « *dans le respect de leur équivalence écologique, les atteintes prévues ou prévisibles à la biodiversité occasionnées par la réalisation d'un projet de travaux ou d'ouvrage ou par la réalisation d'activités ou l'exécution d'un plan, d'un schéma, d'un programme ou d'un autre document de planification* » (article L. 163-1 du code de l'environnement).

La compensation de l'artificialisation s'est longtemps heurtée à la catégorisation binaire des différentes espaces émanant de la définition initiale de l'artificialisation, qui désigne comme artificialisés les sols qui ne sont pas des ENAF.

Au regard de la définition discutée lors des GT du MTE, il est possible de considérer la compensation de l'artificialisation comme le changement d'occupation ou d'usage d'un sol dont les fonctionnalités étaient durablement affectées. La compensation représenterait alors l'ensemble du cycle permettant d'aller d'un espace artificialisé à un espace non-artificialisé. Celle-ci passe alors par des processus tels que la déconstruction, la dépollution, la désimperméabilisation, la refonctionnalisation des sols et la réhabilitation des sites. L'objectif est de rendre le sol en mesure d'assurer ses fonctions écologiques (régulation de l'eau, participation aux cycles des éléments et du carbone, habitat pour la microfaune et les microorganismes, etc.). Toutefois, la compensation de l'artificialisation doit prendre en compte l'ensemble du processus (et non une seule de ces étapes isolée) pour être réellement considérée telle.



2.4.2. Perspectives autour de la compensation de l'artificialisation

2.4.2.1. Des limites à dépasser

Si la compensation de l'artificialisation est une thématique de plus en plus centrale dans les débats, elle fait face à de nombreuses limites qu'il sera nécessaire de questionner puis pallier pour la développer.

De plus en plus d'acteurs sont en mesure de mettre en place des solutions concrètes concernant les techniques de désartificialisation, bien que celles-ci soient encore peu appréhendées par les collectivités. Si certains acteurs mettent en avant l'impossibilité de réhabiliter certains sols trop dégradés, la mise en œuvre de bonnes pratiques visant à redynamiser les espèces des sols en mauvais état biologique peut être efficace et se développer de plus en plus.

Aujourd'hui, les budgets prévus en faveur de la réhabilitation de friches et les appels à manifestation d'intérêt qui vont émerger ces prochains mois dans le cadre du plan de relance sont des signaux importants pour les acteurs de la désartificialisation, en capacité de créer des débouchés et de tendre vers une taille de marché suffisante permettant le positionnement d'acteurs du BTP sur ce marché auparavant atomisé. Des entreprises pourraient donc avoir la capacité de pivoter du génie civil classique au génie écologique, pouvant ainsi se démarquer de la concurrence via des démonstrateurs de désartificialisation dans le cadre de financements par appels d'offres publics et/ou privés⁴⁶.

Un autre frein est lié à la temporalité de la mise en œuvre des actions. La pédogénèse naturelle étant réalisée sur des milliers d'années, la désartificialisation est une solution pour rendre au sol ses fonctions. Toutefois, les solutions mises en œuvre peuvent être chronophages et ne pas correspondre au pas de temps attendu en lien avec l'opérationnalité des projets.

La question du coût de la désartificialisation est également primordiale, les opérations représentant un coût bien supérieur à l'artificialisation sur des espaces naturels ou agricoles qui, elle, ne nécessite pas de déconstruction ou de dépollution. S'il est nécessaire d'adresser cette question et notamment l'adaptabilité des acteurs à ces coûts élevés, ceux-ci encouragent toutefois l'évitement et la réduction au préalable. Plus largement, cette différence de coûts questionne le prix du foncier agricole qui est en-dessous des valeurs de marché et la non-monétarisation des services écosystémiques des espaces agricoles qui ne rentrent donc pas dans les prix des terrains.

Enfin, le portage politique est un enjeu clé pour la mise en place de démonstrateurs et de projets conséquents de désartificialisation, les élus ayant la capacité de surmonter les freins précédemment identifiés. Or, même si l'objectif de ZAN prend de l'importance dans le débat public, un travail de sensibilisation est encore à faire avec les élus (Cf. § 2.5. La nécessaire sensibilisation et formation des acteurs). Une part de responsabilité est aussi à prendre par l'État et les Régions, à l'origine de grands projets pourtant comptabilisés dans la consommation locale de foncier. Il serait alors opportun que l'objectif de ZAN soit pris en compte dans la réflexion autour des grands enjeux d'aménagement à l'échelle nationale.

Les certificats de biodiversité de l'UNEP

Au regard de l'objectif de ZAN, l'UNEP propose de développer les Certificats de biodiversité, c'est-à-dire un marché de droits à imperméabiliser contre renaturation.

Basé sur le principe des Certificats d'économie d'énergie (CEE) mais appliqué à la préservation des sols, l'objectif est d'instaurer une compensation à surface égale pour tout nouveau projet impliquant une

⁴⁶ <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/territoires-pilotes-de-sobriete-fonciere-7-premiers-laureats> et autres AMI/AO en cours de préparation

imperméabilisation des sols (conformément au permis de construire déposé, et selon des critères standardisés).

Ainsi, toute opération de désimperméabilisation, dépollution, renaturation des sols ou de végétalisation du bâti permettrait l'octroi de Certificats de biodiversité. Ce dispositif aurait l'avantage d'inciter les acteurs à minimiser l'imperméabilisation lors de tout projet de construction, afin de minimiser le nombre de certificats à fournir.

Ce dispositif est en cours de construction.

2.4.2.2. De nombreux éléments de réflexion

Pour mettre en œuvre la compensation de l'artificialisation, il s'agira de répondre à certaines questions rassemblées dans le Tableau 8⁴⁷.

Tableau 8 : questions soulevées par la compensation de l'artificialisation (Source : auteurs)

Quelles opérations devront donner lieu à de la compensation ?	Aujourd'hui, certains projets d'aménagement ne sont pas pris en compte par la séquence ERC car réalisés à trop petite échelle selon les seuils définis réglementairement (SHON opération $\geq 40\ 000\ m^2$ ou Terrain d'assiette $> 10\ ha$ pour les projets nécessairement soumis à étude d'impact). Cela questionne le mitage et l'artificialisation due à l'habitat qui seraient dans cette même logique, peu pris en compte, alors qu'ils participent activement à l'artificialisation. Il pourrait être pertinent de prélever « une taxe de compensation » qui permettrait de compenser un ensemble de petits projets qui artificialisent par un projet de compensation suffisamment grand. Compenser petites surfaces par petites surfaces serait en effet contraignant et coûteux, avec moins d'effets bénéfiques pour les sols et le vivant. Mais cette disposition nécessiterait toutefois une étude d'impact. La question de la compensation de l'artificialisation des opérations d'intérêt général (école, hôpital, etc.) est également soulevée. La compensation de ces projets pourrait s'avérer utile pour privilégier l'évitement et la réduction et ainsi intensifier les efforts dans l'entretien et la rénovation de l'existant.
Quelles opérations seront considérées comme de la désartificialisation ?	Par exemple, un aménageur qui aura artificialisé 1 ha pourra-t-il seulement désartificialiser (voire dépolluer si nécessaire) 1 ha ? Ou devra-t-il

⁴⁷ Les phases « Éviter et « Réduire » faisant l'objet de moins de discussions, ceux-ci ne font pas l'objet de tableaux précisant les questionnements sous-jacents. Toutefois, des éléments spécifiques sont présentés dans les parties correspondantes à ces deux phases.

	<p>effectuer toute la trajectoire de désartificialisation, de la déconstruction à la renaturation ?</p> <p>Il serait pertinent d'aller jusqu'à la végétalisation (y compris réhabilitation écologique) du site pour que l'action soit réellement considérée comme de la compensation. On pourrait également envisager une pondération selon notamment la qualité du sol, l'amélioration fonctionnelle apportée, la (re)création d'habitats et de continuités écologiques et l'emplacement dans le paysage.</p>
Quelle place pour la dépollution ?	<p>Cela dépend du processus dans lequel elle s'inscrit (renouvellement urbain ou réhabilitation écologique de sols et sites).</p> <p>La dépollution doit-elle être considérée comme une mesure de compensation ?</p> <p>Oui, si elle contribue à un processus de réhabilitation écologique d'un site dégradé et que le nouvel usage est « naturel, agricole ou forestier ». On notera toutefois qu'il faudra du temps pour que le sol et l'écosystème soient à l'équilibre et que la dépollution totale d'un sol est assez rare.).</p> <p>Non, lorsqu'il y a dépollution avant recyclage foncier (en habitat, bureaux, etc.), il s'agit alors d'une opération de renouvellement urbain et donc d'une mesure d'évitement.</p> <p>Non, lorsque la dépollution est partielle et que le nouvel usage doit être limité (à cause de la pollution résiduelle), il s'agit alors d'une mesure de réduction. Par exemple : dépollution pour des usages agricoles non alimentaires.</p> <p>Il est à noter que la dépollution des friches est majoritairement appliquée avant recyclage foncier, dans une optique de maîtrise des risques sanitaires et de qualité de l'eau. Par conséquent, elle relève davantage de la réduction des impacts, les processus de compensation restant rares.</p>
Quels critères prendre en compte pour calculer l'équivalence entre les opérations d'artificialisation et de compensation ? A quelles échelles (au niveau du territoire ou du projet d'aménagement) ?	<p>La compensation en termes de surface apparaît comme la plus simple à mettre en œuvre, mais semble la moins pertinente, la moins équitable et la moins efficace. La prise en compte des fonctions des sols et les services écosystémiques associés pourrait être plébiscitée, bien que plus complexe à mettre en œuvre.</p> <p>A l'instar des opérations de désartificialisation, il serait pertinent de pondérer selon notamment la</p>

	<p>qualité du sol, l'amélioration fonctionnelle apportée, la (re)création d'habitats et de continuités écologiques et l'emplacement dans le paysage.</p> <p>On peut par exemple imaginer avoir une notation en termes de surface, pondérée selon la réponse aux dimensions 2 et 3 explicitées dans la définition de l'artificialisation. Cette notation serait valable pour les surfaces nouvellement artificialisées à compenser et les surfaces de compensation renaturées. Pour compenser il faut la même note de part et d'autre.</p>
Est-ce que la qualité de la désartificialisation sera prise en compte ?	Cette question découle directement de la précédente et du choix qui sera réalisé. En effet il est difficile d'imaginer l'équivalence entre la dépollution d'une surface et la renaturation complète de cette même surface. La pondération selon la qualité du sol et l'emplacement dans le paysage semble donc à plébisciter.
Quels sont les principes qui doivent structurer une démarche de compensation écologique de l'artificialisation ?	On parle ici des principes suivants ⁴⁸ : <ul style="list-style-type: none"> • Équivalence écologique ; • Proximité fonctionnelle ; • Pérennité ; • Temporalité ; • Additionnalité ; • Faisabilité ; • Efficacité ; • Cohérence ; • Proportionnalité.
Comment suivre et comptabiliser la compensation de l'artificialisation ?	L'Etat devrait prochainement apporter des éclairages sur les contours de ce suivi et sur les contours de son rôle dans l'accompagnement de ces démarches. Exemple parmi d'autres, l'UNEP (2020) propose que « <i>le permis de construire [serve] de preuve dans l'évaluation de la surface imperméabilisée, tandis que les factures de travaux de désimperméabilisation garantissent leur bonne exécution</i> ».

L'équivalence écologique veut que la réparation des impacts résiduels significatifs du projet doive intervenir « en nature ». On parle alors d'équivalence qualitative et fonctionnelle (cibler les mêmes composantes que celles détruites, dégradées ou altérées) et quantitative (engendrer un gain au moins équivalent aux pertes) (Truchon *et al.*, 2020). La question de l'équivalence pour l'objectif de ZAN est

⁴⁸ Développés sous le tableau

étudiée à la fois dans le **tableau 7** et le § 2.4.2.3 (en termes de surface et de fonctions écologiques notamment).

La proximité fonctionnelle veut que la mesure soit réalisée « *à proximité du (des) site(s) affecté(s), de manière à maintenir ou rétablir le fonctionnement des communautés, populations ou autres composantes physiques ou biologiques concernées* » (Truchon *et al.*, 2020). Concernant la compensation écologique, il n'y a pas de distance définie dans la loi. Toutefois, les opérateurs de compensation cherchent dans un premier temps à proximité directe du site, puis s'éloignent au fur et à mesure du site impacté s'il n'existe pas d'opportunité foncière. Dans tous les cas, l'opérateur de compensation doit justifier auprès des autorités compétentes cet éloignement, qui peut aller jusqu'à 20-30 kilomètres du site impacté. Concernant l'objectif de ZAN, une méthodologie semblable pourrait être utilisée. Cependant, on pourrait imaginer que la compensation puisse se faire à une distance plus importante, étant donné que la désartificialisation est en mesure d'apporter des gains écologiques importants et qu'elle puisse être justifiée de manière robuste auprès des autorités.

Concernant la pérennité des actions (c'est-à-dire le fait que les mesures de compensation doivent être effectives pendant toute la durée des atteintes) (Truchon *et al.*, 2020), une attention particulière devra être portée à la non-artificialisation ultérieure du site en question. Par exemple, si les compensations sont réalisées en milieux urbains et périurbains, pour lesquels la pression foncière est plus importante, il s'agira dès lors de s'assurer que la compensation réalisée soit pérenne et qu'un projet d'aménagement ultérieur ne puisse voir le jour.

Pour la temporalité, qui consiste à réaliser une compensation qui soit effective rapidement (Truchon *et al.*, 2020), afin de prévenir les dommages irréversibles, il est préférable que la compensation soit réalisée avant que les impacts soient engendrés. En ce sens, la compensation par l'offre (généralement portée par un opérateur de compensation) permet un gain de biodiversité en amont de la réalisation des travaux, là où la compensation par la demande (prise en charge par l'opérateur du projet, même si elle est réalisée en amont), nécessitera des années pour être effective. Dans le cadre de l'objectif de ZAN, cette question de la temporalité est d'autant plus importante que les travaux de génie pédologique et/ou écologique seront longs, et les effets positifs mettront du temps à survenir.

Enfin, l'application de la séquence ERC à l'objectif de ZAN devra également vérifier les notions-clés suivantes, de manière similaire à la compensation écologique (Truchon *et al.*, 2020) :

- L'additionnalité (à la fois publique, « *une mesure de compensation doit s'ajouter aux actions publiques en matière de protection de la nature éventuellement prévues sur le site, ou les conforter sans s'y substituer* » et privée, « *une même mesure ne peut compenser les impacts de différents projets, ni au même moment, ni dans le temps ; elle ne peut servir à mettre en œuvre des engagements privés déjà pris par ailleurs* »)
- La faisabilité (« *Le génie écologique doit être éprouvé et techniquement faisable sur les sites de compensation retenus* ») ;
- L'efficacité (« *Les mesures de compensation doivent être assorties d'objectifs de moyen et de résultat exprimés de manière claire, précise et contrôlable* ») ;
- La cohérence (interactions entre les différentes mesures de compensation, mutualisation sur un même site pour des actions écologiques favorables aux différentes composantes environnementales, développement de synergies entre les actions des maîtres d'ouvrage) ;
- La proportionnalité (« *le niveau de détail des informations attendues dans un dossier doit être adapté aux enjeux associés aux milieux naturels, espèces ou fonctions affectés par le projet et au projet et à ses incidences prévisibles sur ces milieux, espèces ou fonctions* »).

2.4.2.3. Cartographie et identification des sites potentiels pour la désartificialisation et gestion des sites de compensation

La définition de la compensation dépend de la définition de l'artificialisation. Étant données les trois dimensions de la définition de l'artificialisation évoquée en début de publication, la compensation de l'artificialisation doit se faire sur un site (source ADEME) :

- Non naturel, agricole ou forestier (1^{ère} dimension) ;
- Avec un sol dégradé (pollué, imperméabilisé, tassé, tronqué, etc.) (2^{ème} dimension) ;
- Placé à un endroit stratégique dans le territoire (rural, urbain, TVB / réseau écologique, bassin hydro(géo)logique) et à une distance la plus courte possible du site compensé tout en étant cohérente avec l'échelle du paysage considéré. (3^{ème} dimension) ;
- De surface équivalente. Cette surface équivalente pourra être modulée par le niveau de fonctions et services restaurés, voire par le caractère stratégique de l'emplacement du site dans le paysage.

Concernant plus spécifiquement l'identification des territoires à désimperméabiliser, un travail important de connaissance reste à réaliser. Plusieurs travaux sont aujourd'hui en cours pour tenter de mieux caractériser et recenser les surfaces potentiellement désimperméabilisables. Le [programme européen Regreen](#), décliné en Ile-de-France par l'Agence régionale de la Biodiversité (ARB), vise à élaborer une méthodologie pour cartographier et quantifier le gisement de sites renaturables en milieu urbain.

Il pourrait également être créé des inventaires cartographiques de sites d'intérêt pour la compensation, basés sur les trois dimensions de la définition de l'artificialisation. La LPO (2020) préconise ainsi que chaque intercommunalité soit en mesure de fournir une cartographie du potentiel de désartificialisation, prenant en compte un « score de déminéralisation » en fonction de l'état de revêtement actuel du site.

Les sites concernés par les mesures de compensation sont des sites artificialisés sans usage défini (par exemple les friches industrielles, les anciennes zones commerciales, les anciens terrains de sport, etc.) ou à redéfinir (réflexions sur l'omniprésence de routes et de parkings, pouvant faire l'objet d'une désartificialisation si la voiture prenait moins de place dans notre quotidien). Ces sites peuvent alors être requalifiés et désartificialisés, afin d'améliorer le potentiel écologique du site. Cette option doit être envisagée en fonction du contexte local, par exemple en étudiant au préalable le potentiel écologique du site (proximité potentielle à une trame verte et bleue, composition des sols, etc.).

Outre cet inventaire, se pose la question de l'acquisition et de la mise à disposition du foncier pour les opérations de compensation, d'autant plus que les délais d'acquisition et la disponibilité de réserves financières peuvent poser problème. À l'instar de la difficulté croissante pour trouver du foncier disponible pour la compensation écologique, les enjeux de propriété pour les sites à désartificialiser peuvent représenter un frein à son développement. La disponibilité des sites éligibles à la désartificialisation est un élément limitant pour la réalisation de ces mesures. Les interventions foncières pourraient se faire par les établissements publics fonciers (EPF). Ceux-ci bénéficient d'une taxe affectée dont les recettes leur permettent de mener des opérations de portage foncier pour le compte des collectivités locales, sur les territoires qui en sont pourvus. Il pourrait ainsi être pertinent de les généraliser à l'ensemble du territoire français.

2.4.3. La désimperméabilisation pour des impacts positifs sur le cycle de l'eau

L'étape de la désimperméabilisation peut constituer la première étape de la compensation de l'artificialisation s'il s'agit d'un espace non-bâti, tel qu'un parking ou une route, dans le cadre d'opérations de renaturation. Pour des raisons de coûts, il peut être préférable de sélectionner en priorité ces sites non-bâties, évitant ainsi l'étape de la déconstruction qui peut être onéreuse.

2.4.3.1. Éléments de définition et enjeux

En entravant l'absorption naturelle des eaux et leur infiltration, l'imperméabilisation générée bien souvent par le processus d'artificialisation est une action ou le résultat d'une action consistant à couvrir le sol naturel, totalement ou partiellement, par un revêtement ou une construction qui perturbe le cycle de l'eau, la circulation de l'air, des nutriments, etc. (L'Institut Paris Region, 2016). En diminuant l'infiltration des eaux pluviales, l'imperméabilisation a des conséquences importantes sur la vie à l'intérieur du sol et sur le cycle des éléments nutritifs. D'autres impacts socio-économiques et environnementaux sont également à prendre en compte, notamment liés à la gestion de l'eau (Cf. **Figure 32**).

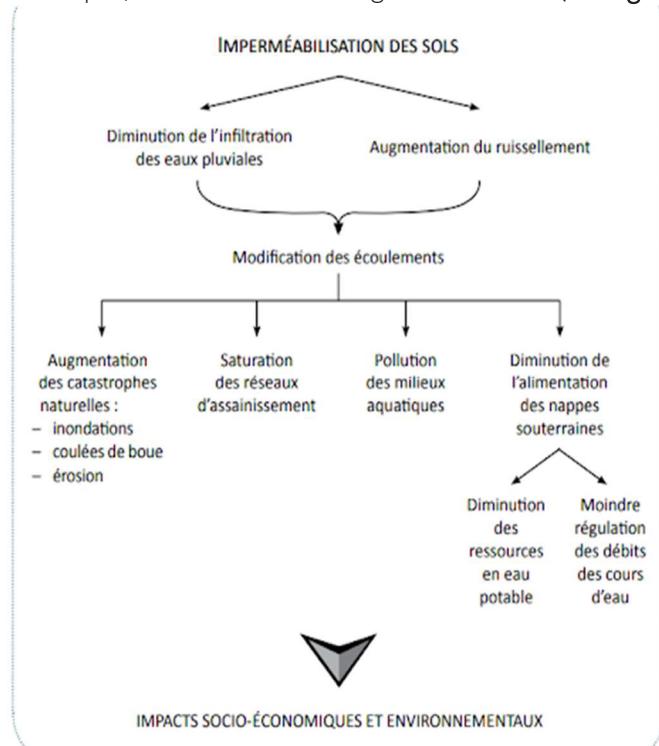


Figure 32 : Illustration des conséquences socio-économiques et environnementales de l'imperméabilisation des sols
(Source : Comité de Bassin Rhône Méditerranée, 2017)

Les récents débats autour de la définition de l'artificialisation confèrent à la question de l'imperméabilisation une place particulière, l'infiltration étant considérée comme une fonction écologique centrale d'un sol non-artificialisé. La désimperméabilisation est donc pleinement intégrée au processus de désartificialisation.

Il est cependant essentiel de favoriser la désimperméabilisation permettant aux écosystèmes de retrouver leurs fonctionnalités et de fournir des services écosystémiques (approvisionnement en eau de qualité, garantie d'une eau en quantité suffisante, lutte contre les inondations, etc.).

La désimperméabilisation est en mesure de jouer un rôle important dans la prévention du risque inondation (via notamment les PPRI) et la gestion des milieux aquatiques et prévention des inondations (GEMAPI), dont les EPCI à fiscalité propre ont désormais la compétence. La mise en œuvre des actions développées ci-dessous est donc en mesure de participer à la lutte contre les inondations.

2.4.3.2. La mise en œuvre d'actions de désimperméabilisation pour des opérations de renaturation

La désimperméabilisation, parmi l'ensemble des étapes comprises dans la compensation de l'artificialisation, relève de la 2^{ème} dimension de la définition. Cette étape permet en effet à un sol dégradé de retrouver certaines de ses fonctions.

Le § 2.3.4 du présent état de l'art a présenté les actions de désimperméabilisation au sein des villes comme des stratégies de réduction des impacts liés à l'artificialisation, en favorisant la création d'espaces ouverts urbains et d'espaces verts en lieu et place de sols recouverts.

Les actions de désimperméabilisation considérées comme relevant de la compensation se distinguent des précédentes par leur ambition de redonner un usage naturel, agricole ou forestier à un espace précédemment urbanisé et imperméabilisé. De fait, ces actions prennent majoritairement place dans les franges des enveloppes urbaines, à l'interface avec les espaces NAF existants. L'opération de renaturation peut ainsi être appréhendée comme une volonté de limiter et contenir l'étalement urbain, voire de regagner des espaces NAF en lieu et place de la tâche urbaine.

Néanmoins, ces actions restent à l'heure actuelle très peu courantes, et les quelques exemples qui ont pu être mis en œuvre en France ne permettent pas de tirer des enseignements et des retours d'expériences probants. La renaturation à destination d'un nouvel usage urbain (parc, allée plantée, espace enherbé...) reste ainsi la norme.

Toujours est-il que les opérations de renaturation à destination d'espaces NAF sont susceptibles de se multiplier dans les prochaines années, notamment au regard des objectifs attendus par la mise en place du ZAN. De nombreux espaces urbanisés en déshérence ou en perte de vitesse sont situés à l'interface avec les espaces NAF (zones commerciales obsolètes, parkings surdimensionnés, zones d'activités, etc.), et pourraient constituer un gisement idéal pour mener à bien ces opérations de renaturation.

2.4.4. La réhabilitation écologique des friches polluées

2.4.4.1. Définition et enjeux

L'utilisation des sols en zone urbaine ou péri-urbaine doit être optimisée et adaptée en fonction de leur qualité et de leurs usages potentiels. La gestion des sols dégradés que l'on retrouve sur les friches urbaines doit conduire à ne plus considérer le sol comme un support foncier mais comme une ressource naturelle⁴⁹. De plus le faible potentiel en biodiversité des zones urbaines incite à considérer différemment ces sols et à les requalifier en fonction de la qualité des services rendus par les écosystèmes qu'ils hébergent (support et régulation : cycle des nutriments, stockage des polluants, gestion et épuration de l'eau). Ces sols peuvent très largement contribuer à la mise en place de la nature en ville (continuité écologiques, présence d'espaces verts...) ou peuvent devenir un site naturel de compensation (SNC) après avoir défini ses caractéristiques intrinsèques, son emplacement et son insertion dans une trame paysagère.

2.4.4.2. La mise en œuvre opérationnelle

Les stratégies mises en œuvre pour la réhabilitation écologique des friches polluées ont pour objectifs de rétablir des continuités écologiques (trame verte et bleue), de rétablir un écosystème terrestre et aquatique durable (naturel ou productif) tout en veillant à la compatibilité entre l'état environnemental de la friche (en fonction des enjeux à protéger et du niveau de pollution résiduelle) et ce nouvel usage végétalisé. Le maître d'ouvrage ou le porteur de projet qui est à l'initiative du changement d'usage doit s'assurer de cette compatibilité. Il lui revient de démontrer, en s'appuyant sur la **Méthodologie Nationale**

⁴⁹ « Ecosystèmes dans les territoires ». Volet thématique et cahier technique de l'AEU2 – intégrer la nature dans l'AEU - rapport ADEME

de Gestion des Sites et sols Pollués d'avril 2017 (<http://ssp-infoterre.brgm.fr/methodologie-nationale-gestion-sites-sols-pollues>), que les actions prévues sont adaptées pour l'usage futur (ex : parc urbain, réserve naturelle, production potagère, production biomasse non alimentaire, etc.). Cette méthodologie permet de définir les modalités de suppression et/ou de gestion des pollutions au cas par cas, compte tenu des techniques disponibles et de leurs coûts économiques (étude bilan coûts/avantages). Elle précise clairement qu'il faut prendre en compte les enjeux pour **les milieux naturels et la biodiversité** aussi bien que les enjeux pour la santé humaine, et ceux pour la ressource en eau (de surface et souterraines). (Cf. § 2.2.4.4.3 Solutions techniques de gestion de la pollution des sols)

Des solutions techniques existent pour assurer cette compatibilité entre l'état des milieux et l'usage futur :

- Le traitement des pollutions (excavation des terres polluées, traitement des terres in situ, confinement des terres, etc.),
- Les servitudes d'utilité publique (interdiction de jardins potagers, etc.),
- Les surveillances des milieux eau, air, sol (installation de piézomètres, contrôle mobilité polluants, contrôle émissions poussières, contrôle biodisponibilité polluants, etc.).

Les actions qui doivent être retenues sont définies en fonction de plusieurs critères techniques, environnementaux et économiques tout en garantissant l'absence d'impact sanitaire et environnemental. Cela signifie qu'il faut accepter que certaines pollutions résiduelles restent en place. Le cas échéant, la mise en œuvre d'un instrument de conservation de la mémoire (les secteurs d'informations sur les sols SIS) et/ou d'un dossier de servitude d'utilité publique pourront s'avérer nécessaires.

Les démarches de réhabilitation écologique des friches polluées s'appuient non seulement sur une gestion adaptée de la pollution des sols mais également sur une récupération et/ou une réparation/remise en état des processus écologiques dégradés, endommagés ou détruits.

2.4.5. La refonctionnalisation des sols : enjeux et démarches

Après remédiation des sols, une démarche de re-fonctionnalisation des sols peut être envisagée à l'aide de solutions techniques de génie pédologique et/ou écologique. Cependant, le sol aura tout de même subi des impacts importants (liés à la construction de bâtiments, au terrassement, au décaissement, à la suppression du relief, au drainage, etc.). La pédogénèse naturelle⁵⁰ se faisant sur des temps très longs, il est impossible d'envisager une régénération naturelle des sols à échelle de temps humaine. L'action anthropique est donc nécessaire pour accélérer le processus de formation des sols ou du moins pour reconstituer un substrat de sol fertile.

Le type d'altération peut être totalement hétérogène selon les sols (physique, chimique, liée à l'eau, liée à l'artificialisation, tassement, etc.), nécessitant la mise en place de solutions différentes selon le type d'altération. Par exemple, le tassement entraîne une réduction de la porosité du sol, les pores étant pourtant les espaces dans lesquels se trouvent les organismes vivants et l'eau. L'objectif sera alors de mettre en place des plantes capables de fissurer le sol pour améliorer sa porosité, de labourer, d'utiliser un décompacteur ou de favoriser l'activité des organismes du sol ingénieurs (vers de terre notamment) en réimplantant une couverture herbeuse ou des amendements organiques.

Au préalable, un changement drastique des représentations liées aux sols est primordial. Aujourd'hui, le sol est majoritairement considéré comme un support permettant la réalisation des activités humaines. La relation entre l'artificialisation des sols et la destruction de la fourniture des services écosystémiques des sols est très peu assimilée. Des travaux de sensibilisation doivent donc être entrepris pour faire comprendre la complexité des sols, leur part intégrante dans le vivant et la nécessité de leur préservation. Le domaine de l'étude des sols doit donc se développer, communiquer davantage sur les résultats des études et contribuer au développement d'outils à destination de la variété d'acteurs agissant aux différentes échelles de l'artificialisation.

⁵⁰ Ensemble des processus (physiques, chimiques et biologiques) qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols.

Diverses méthodes existent pour refonctionnaliser des sols, avec des résultats variables. La question de la méthode à appliquer se pose puisqu'elle peut varier en fonction de l'utilisation finale du site concerné. Pour que la stratégie pédologique soit en adéquation avec le projet, il faut donc mettre en relation l'étude documentaire et de terrain du site avec les objectifs d'aménagement.

Une des techniques qui a été longtemps utilisée (et qui l'est encore malgré ses impacts *ex situ*) consiste en l'apport de terre végétale provenant de la couche superficielle d'un sol (Bacholle *et al.*, 2005), réalisé grâce au décapage effectué sur un espace naturel ou agricole avant l'installation d'une construction. Ces terres végétales sont parfois amendées de matière organique et de compost pour l'enrichir. Cette technique fait néanmoins débat, celle-ci étant liée à trois problématiques importantes (ADEME, 2015) :

- Caractère non-renouvelable des matériaux utilisés ;
- Distances de plus en plus importantes pour assurer l'approvisionnement (et donc accroissement des coûts économiques et environnementaux) ;
- Incohérence avec l'objectif de ZAN, la solution étant fondée sur les ressources issues de l'artificialisation.

Selon le niveau de dégradation des sols en place sur un site on fera appel à plusieurs techniques (**Tableau 9**).

Tableau 9 : Techniques de refonctionnalisation de sols en fonction de leur niveau de dégradation (Source : auteurs)

Technique	Niveau de dégradation des sols	Explication
Construction de sol	Travaux lourds de génie pédologique, lorsque le sol est très dégradé	Excavation, criblage et concassage éventuels des blocs excavés, apport ou réutilisation de matériaux (déchets organiques, terres excavées, terres dépolluées, déchets de briques, etc.), mélange, création d'horizons
Reconstitution de sol	Travaux moyennement lourds, lorsque le sol est moyennement dégradé	Apport d'amendement (à des doses de redressement), travail du sol (pour aérer ou décompacter), éventuellement installation d'une culture temporaire (phacélie, moutarde, etc.), ce qui permet un apport d'engrais vert et la reconstitution biologique du sol
Restauration écologique du sol	Travaux moins lourds, lorsque les sols sont peu dégradés ou durant la phase qui suit la reconstitution ou la construction d'un sol	Travail du sol, apport de plantes, voire de micro-organismes (mycorhizes par exemple), gestion du sol et des plantes

Des travaux d'harmonisation des définitions sont cependant nécessaires. En effet, dans la règle professionnelle de l'UNEP « Travaux des sols, supports de paysage. Caractérisation, amélioration, valorisation et reconstitution », la définition de la « reconstitution de sols » est plus large : elle recouvre également la « construction de sol ».

L'ADEME a financé [le projet SITERRE](#) afin d'étudier des procédés innovants de construction de technosols fertiles pour remplacer ces sols naturels habituellement utilisés. Le rapport final de ce projet SITERRE rassemble ainsi :

- Un recensement et une description des matériaux utilisables pour la construction de sols ;
- Une caractérisation plus précise des matériaux jugés les plus pertinents (compost, béton, boues STEP, déchets verts, boues papetières, pneus, balayage de rues, terre excavée, mélange bâtiment, brique et ballast) ;
- Une caractérisation plus précise de mélanges de matériaux possibles ;
- Une étude de l'évolution des mélanges de matériaux vers des sols construits ;
- Une étude de l'opérationnalité des différents procédés.

L'ADEME a également financé le projet « BioTUBES » (qui réunit Valorhiz, le BRGM et Elisol environnement). Dans le cadre de ce projet, deux techniques de réhabilitation ont été mises en œuvre (génies pédologique et écologique) sur deux sites pilotes. Au-delà de l'évaluation environnementale de la restauration des sols, une analyse des bénéfices en lien avec les services écosystémiques rendus par ces sols a été réalisée sur les deux sites. Parmi les principales conclusions de l'étude, il semblerait que l'approche « Technosols » soit à privilégier dès lors qu'un remblaiement est nécessaire (notamment à la suite de l'excavation de sols pollués). Sinon, une approche de génie écologique peut être privilégiée, étant plus économique (Taugourdeau *et al.*, 2020 ; ADEME, 2020b).

La technique de construction de *technosols* (Séré, 2007) utilise les déchets et sous-produits présents sur un territoire pour recréer des sols fertiles. Dans une logique d'économie circulaire, cette technique s'appuie sur la valorisation de différents matériaux disponibles (terres industrielles traitées, sous-produits papetières, compost de déchets verts, etc.), positionnés en horizons⁵¹, associant à la fois un substrat minéral et un substrat organique. Ces technosols tendent vers un fonctionnement comparable aux sols naturels après un temps beaucoup plus court et peuvent remplir les fonctions associées (Séré, 2007). Aujourd'hui, les terres excavées sont beaucoup plus réutilisées dans l'espace public (création d'un parc, d'un bassin d'eau pluviale, plantation d'arbres) que dans l'espace privé, qui pourrait faire l'objet d'une valorisation écologique des sols.

Il est ainsi possible de se servir de matériaux minéraux issus de la déconstruction ou de la désimperméabilisation comme substrat, en y ajoutant de la matière organique. En réutilisant au maximum les matériaux présents sur le site, il est possible de réaliser des économies importantes, l'apport extérieur de matière sur le site étant particulièrement coûteux. Cette solution permet alors diminuer le coût de la construction de technosols, celui-ci étant estimé entre 33 et 55€/m² (Fosse *et al.*, 2019).

Les divers retours d'expérience de refonctionnalisation de sols montrent une recolonisation microbienne en abondance et en diversité des pores du sol. Toutefois, la question de la pérennité de la colonisation et de l'abondance des espèces stabilisatrices qui rendent le milieu résilient reste de mise, les retours d'expérience étant relativement récents et ne permettant pas l'étude de cette réhabilitation des sols sur le temps long. Concernant les micro-organismes, il est plus aisé d'identifier les bonnes pratiques qui permettent la création de conditions favorables à leur abondance et à leur diversité (ceux-ci se développant très rapidement).

⁵¹ Couche du sol, homogène et parallèle à la surface

2.4.6. La réhabilitation des sites en faveur de la biodiversité

Au regard de l'objectif de ZAN porté dans le plan biodiversité, la désartificialisation peut *in fine* mener à une réintégration d'espaces naturels, agricoles ou forestiers. Ce processus reste toutefois limité actuellement, comme évoqué précédemment (cf. § 2.4.3.2 La mise en œuvre d'actions de désimperméabilisation pour des opérations de renaturation).

Plusieurs définitions peuvent alors rentrer en jeu :

- La réhabilitation écologique est une démarche qui vise la réparation des processus écologiques, de la productivité et des services d'un milieu qui a été dégradé ou détruit. La réhabilitation écologique n'aboutit pas nécessairement au rétablissement de l'intégrité des milieux préexistants (Règle professionnelle de l'UNEP « travaux de génie écologique »⁵²) ;
- La restauration écologique est un processus qui assiste l'auto-réparation d'un milieu qui a été dégradé ou détruit. La restauration écologique vise le rétablissement de l'intégrité des milieux (Règle professionnelle de l'UNEP « travaux de génie écologique ») ;
- La renaturation est une « *opération permettant à un milieu modifié et dénaturé par l'être humain de retrouver un état proche de son état naturel initial* » (Fosse et al., 2019) ;
- La végétalisation représente la « *reconquête par des espèces [végétales] introduites ou naturellement présentes dans le milieu naturel des terrains dénaturés par l'action de l'homme ou à la suite de catastrophes naturelles* » (définition d'Actu Environnement).

Étant donné la diversité des situations et les spécificités des territoires, les pratiques mises en œuvre doivent être adaptées et prendre en compte l'usage futur du site (ouverture au public, sanctuarisation, agroécologie, etc.).

La désartificialisation peut alors prendre plusieurs formes, allant d'une dynamique de revégétalisation spontanée à une forme plus volontaire d'aménagement de paysages (Gauthier, 2018). La renaturation est cependant à distinguer de la création d'un aménagement paysagé, dont l'objectif est d'enlever les espèces végétales présentes pour y planter des nouvelles. Elle peut également être l'occasion de recréer des espaces agricoles ou forestiers, selon les besoins du territoire.

2.4.6.1. Se reposer sur la végétalisation spontanée

Sur certains sites, l'intervention anthropique n'est pas forcément nécessaire, une végétation spontanée pouvant s'y implanter. C'est le cas de certaines friches qui, au fur et à mesure des années, ont pu développer une biodiversité importante. La diversité floristique des friches est également plus forte si des espaces verts sont présents dans un rayon de 200m (Muratet, 2011).

La végétalisation spontanée présente de nombreux avantages, comme celui de permettre une installation de plantes adaptées au contexte et conditions hydriques, climatiques et thermiques du site. La végétalisation spontanée représente aussi un plus faible coût par rapport à une végétalisation par l'être humain, aucune action de plantation ou de semis n'étant requise. Une gestion adaptée sera cependant nécessaire pour accompagner le développement de la végétation spontanée et tendre vers un milieu souhaité (Flandin, 2019).

Il est cependant nécessaire d'accorder une attention particulière à la possible colonisation d'un site par des espèces exotiques envahissantes (EEE), à l'origine de nombreux impacts sur le vivant (compétition avec les autres espèces, accaparation des ressources, changements de propriétés des milieux, homogénéisation des écosystèmes). Les friches sont en effet particulièrement favorables aux EEE étant donné la présence importante de sols nus (Muratet, 2011).

⁵² UNEP, 2019. Règle professionnelle N.C.4-R0 - Travaux de génie écologique.

2.4.6.2. La conception d'un espace favorable à la biodiversité

La végétalisation désigne ainsi une action volontaire d'introduction d'espèces floristiques, visant à renforcer ou recréer un espace naturel dénaturé par l'action anthropique ou par des catastrophes naturelles. La végétalisation permet d'accélérer le processus de renaturation d'un site par l'action de l'être humain sur le site.

Dans ce cas-là, l'utilisation d'espèces indigènes locales est nécessaire pour limiter les risques liés à l'utilisation de plantes non indigènes (introduction d'espèces exotiques envahissantes, pollution génétique, etc.) et pour favoriser la biodiversité animale (les insectes notamment, dont un grand nombre est spécialisé et tributaire d'un nombre très limité d'espèces végétales). Dans une logique de traçabilité et de durabilité de prélèvement des essences, il s'agit de privilégier [le label Végétal local](#) et [le label Vraies messicoles](#). La conception d'espaces favorables à la biodiversité consiste à mettre en œuvre des pratiques d'entretien respectueuses de l'environnement, tout en appliquant des modes de gestion différents selon la typologie des sols, des espaces, le rendu souhaité et leurs usages.

Avant toute chose, il est nécessaire de mener une étude préalable de l'état initial du site pour avoir une idée de son potentiel écologique. Il faut ensuite replacer le site dans son environnement en rapport avec les enjeux du territoire et se questionner sur la proximité avec des zones de conservation, d'intérêt faunistique et floristique, ainsi que les trames vertes, bleues et brunes. Une fois ces étapes préalables réalisées, il s'agira d'établir un plan de gestion et de suivi de la biodiversité pour les opérations de renaturation. Ce plan inclura des éléments financiers, techniques et calendaires pour cadrer au mieux l'ambition du projet (Cf. [§ 2.1.1. La nécessité d'une planification territoriale](#)).

Dans un contexte d'effondrement de la biodiversité et de prise de conscience des bénéfices fournis par les écosystèmes, une gestion différente des espaces doit être une opportunité pour créer des synergies importantes avec la biodiversité. Il s'agit alors d'adapter des pratiques telles que :

- La conception de prairies mellifères ;
- L'utilisation de plantes vivaces locales ;
- La création de haies diversifiées ;
- La valorisation des déchets verts sur site.

[D'un point de vue pratique, et en milieu urbain, les outils Arboclimat de l'ADEME ou encore Sesame du Cerema](#), permettent d'accompagner les collectivités dans leur choix de plantation d'arbres afin d'identifier le scénario maximisant les services écosystémiques (stockage de CO₂, biodiversité...).

2.4.6.3. La création d'espaces agricoles et forestiers

L'agroécologie et l'agroforesterie, au sein de paysages agricoles diversifiés et comportant de grandes surfaces d'intérêt écologique sont aussi favorables à la biodiversité. Les espèces végétales messicoles et les oiseaux des champs sont des espèces qui se sont développées et diversifiées en France grâce à l'expansion agricole. Elles sont aujourd'hui en diminution depuis la spécialisation régionale et l'intensification de l'agriculture (labour, pesticides, arrachage de haies, remembrements, etc.).

Les prairies permanentes et naturelles sont également très riches en biodiversité, certaines espèces étant inféodées à ces milieux. Néanmoins, sans entretien (fauchage ou pâturage), une partie importante de ces prairies disparaît par enrichissement (exemples : milieu montagnard, Brenne).

La désartificialisation doit donc être l'occasion de recréer des espaces agricoles et forestiers qui soient favorables à la biodiversité.

À retenir :

- Une stabilisation de la définition de l'artificialisation et du concept de séquence ERC « artificialisation » est indispensable pour tendre vers l'objectif de ZAN.



- De même, un encadrement plus strict de la compensation de l'artificialisation est primordial pour tendre vers cet objectif, car elle soulève encore de nombreuses questions (liées aux techniques à mettre en place, à son coût, aux modalités d'équivalence, etc.).
- Il s'agira de déterminer quelles opérations doivent donner lieu à de la compensation, quelles opérations seront considérées comme de la désartificialisation, quels critères prendre en compte pour calculer l'équivalence entre les opérations d'artificialisation et de compensation.
- Si les actions de désimperméabilisation en milieu urbain relèvent davantage de la réduction des impacts, celles visant à la renaturation des espaces, en ce qu'elles prévoient un retour à un usage naturel, agricole ou forestier, peuvent être considérées comme relevant de la compensation.
- La publication questionne également les principes-clés de la compensation écologique au regard de son application pour l'objectif de ZAN (équivalence écologique, proximité fonctionnelle, pérennité, temporalité, etc.).
- La compensation passe alors par des processus tels que la déconstruction, la dépollution, la désimperméabilisation, la refonctionnalisation des sols et la réhabilitation des sites.
- L'objectif est de rendre le sol en mesure d'assurer ses fonctions écologiques (régulation de l'eau, participation aux cycles des éléments et du carbone, habitat pour la microfaune et les micro-organismes, etc.).
- Les friches polluées présentent un intérêt particulier pour la renaturation, mais nécessitent le plus souvent une intervention complexe et technique. Il est à noter que des friches peuvent également présenter un intérêt fort pour la biodiversité et accueillir des dynamiques de végétalisation spontanée.

2.5. La nécessaire sensibilisation et formation des acteurs

L'implication des différents acteurs est un levier crucial pour atteindre le ZAN. La réalisation de mesures pour lutter contre l'artificialisation passant avant tout par leur compréhension des enjeux et de l'intérêt à agir.

Les éléments de langages employés pour désigner la désartificialisation apparaissent comme un premier levier d'acceptation. Des études mettent en avant l'importance des éléments de langage à utiliser lorsqu'il s'agit de mettre en place des opérations de lutte contre l'artificialisation, certains pouvant être perçus négativement par les élus et citoyens (« immeuble », « densification », « logement collectif », etc.). L'objectif est alors de bien définir les termes ou d'en utiliser d'autres plus nuancés pour éviter de provoquer des crispations auprès des différents acteurs (LAREP, 2016).

Les trois cibles de l'ADEME étant le grand public, les collectivités et les entreprises, cette partie explore les leviers pour sensibiliser ces acteurs à la lutte contre l'artificialisation. Au-delà de ces cibles, la sensibilisation et la montée en compétences des acteurs est également primordiale pour éviter d'opposer activités humaines et préservation de la biodiversité, tout en se souciant du sol. Il serait également primordial de renforcer la collaboration avec les associations environnementales et les scientifiques.

2.5.1. Faire évoluer les aspirations des citoyens

En France, l'habitat individuel est particulièrement plébiscité par les individus : 83% des Français interrogés dans le cadre de l'enquête CRÉDOC (« Conditions de vie et Aspirations des Français ») de 2008 aspirent ainsi à une maison individuelle plutôt qu'à un appartement. Celle-ci est pourtant un facteur important d'artificialisation, la maison individuelle avec jardin représentant 94% de l'artificialisation due à l'expansion des surfaces de logement entre 2006 et 2014 (Béchet *et al.*, 2019). De même, l'affirmation « *Pour limiter la consommation d'espace et préserver les terres agricoles et les forêts, l'habitat collectif se réinvente et se substitue à la maison individuelle. La surface de logement par habitant tend à se réduire* » reste la moins bien évaluée parmi les propositions de [l'Observatoire des perspectives utopiques](#) (l'ObScCo, 2020). Si cette préférence est profondément ancrée dans les désirs des individus, la création d'habitats collectifs ou d'habitats individuels denses vivables et désirables est essentielle pour promouvoir

un type d'habitat alternatif (Cf. § 2.2.4. Agir sur l'existant : le renouvellement urbain pour une ville plus dense, vivable et désirable) et modifier les perceptions qu'ont les individus de ces habitats. Le groupe de travail « artificialisation des sols » de la Fabrique Écologique s'est emparé de ces questions, l'objectif étant de déconstruire l'idéal-type du pavillon individuel et de proposer un récit positif autour de la densification de la ville, d'un aménagement local centré sur la sobriété foncière.

Ces enjeux ont particulièrement été mis en évidence lors du confinement, durant lequel la privation de contact avec la nature pour les personnes en zones urbaines a relancé le débat sur le sujet. En effet, selon une enquête de l'Observatoire des villes vertes⁵³, « *la grande majorité des Français (69 %) déclarent que les espaces verts leur ont manqué durant le confinement* ». Selon l'analyse des données de géolocalisations collectées, environ 17% des habitants du Grand Paris et 200 000 parisiens avaient ainsi quitté la ville lors du premier confinement. Ce manque de nature s'est exprimé également avec de nombreuses sollicitations en faveur d'un accès à la nature pendant le confinement. Une pétition réclamant l'autorisation d'accès aux espaces naturels a réuni plus de 190 000 signatures et plusieurs chercheurs ont demandé la réouverture des parcs et jardins en ville (Muller *et al.*, 2020) nécessaires au bien-être individuel et social.

Outre les conséquences induites par la crise sanitaire, des tendances de fond restent problématiques quant à l'artificialisation des territoires. L'augmentation des déplacements et l'engouement pour l'avion sur des distances de plus en plus courtes induisent des tensions liées au développement des infrastructures nécessaires, en attestent de récents conflits d'aménagement du territoire (aéroport de Notre-Dame des Landes, extension du terminal 4 de l'aéroport Roissy-Charles de Gaulle...).

L'essor des résidences touristiques de courte durée contribue également à l'artificialisation notamment dans les zones touristiques et balnéaires, quand bien même ces logements peuvent n'être occupés que quelques mois dans l'année.

Aussi, il est pertinent de réaliser des actions de communication à une échelle locale, celle-ci ayant un impact fort sur les habitants. 61 % des Français estiment que la communication à une échelle locale les incite à changer certaines de leurs habitudes (Epiceum et Harris Interactive, 2018).

La sensibilisation des citoyens peut passer par l'apport de connaissances, celles-ci ayant un rôle essentiel dans l'évolution des valeurs et des préférences des acteurs, ainsi que dans l'évolution des règles formelles et informelles liées à la prise de décision (Paillard *et al.*, 2020). Aujourd'hui, la plupart des ménages ne font pas forcément le lien entre leurs comportements en matière d'habitat et leurs impacts sur l'artificialisation. Si l'objectif n'est pas de faire culpabiliser les individus quant aux impacts de leurs modes d'habitat, la prise de conscience sous-jacente est néanmoins nécessaire pour impliquer les citoyens dans les politiques d'urbanisme des collectivités (Paillard *et al.*, 2020).

Communiquer sur les coûts peut également être pertinent. En effet, nombre de foyers achètent un pavillon en périphérie parce qu'ils souhaitent devenir propriétaires et que ces logements sont moins chers. Toutefois, la diffusion de la propriété transforme en profondeur leurs conditions d'existence : besoin non anticipé d'une ou de deux voitures pour le foyer, éloignement des bassins d'emploi et des réseaux de solidarité, déstabilisation de l'économie domestique par le poids de l'endettement, repli des femmes sur la sphère domestique, "mixité" sociale conflictuelle, etc⁵⁴.

De récentes avancées en termes de considérations environnementales sont cependant à prendre en compte. Par exemple, les citoyens sont de plus en plus alertes quant à leurs émissions de CO₂. Il y a quelques années, il était difficile d'envisager que les citoyens refusent de prendre l'avion pour des raisons

⁵³ Enquête réalisée sur 1003 personnes représentatives de la population nationale française âgée de 18 ans et plus. Le sondage a été effectué en ligne, sur le panel propriétaire YouGov France du 25 au 26 mai 2020.

⁵⁴ Anne Lambert, 2015. *Tous propriétaires ! L'envers du décor pavillonnaire*. Seuil, collection « liber ».

environnementales, alors qu'aujourd'hui cette (non-)pratique se développe de plus en plus. S'il y a une méconnaissance du sujet et un intérêt moindre pour l'artificialisation de nos jours, on pourrait imaginer une prise de conscience et une réflexion plus profonde autour de la maison individuelle pour ces raisons écologiques.

La prise de conscience citoyenne sur les impacts de l'artificialisation et les nécessaires évolutions de notre façon d'aménager passent donc par des évolutions dans la construction des projets et en particulier dans le processus de concertation avec les habitants d'un territoire. Plusieurs canaux sont à mobiliser :

- La communication (réunions publiques, journaux locaux, courriers, réseaux sociaux, site Internet, etc.);
- La sensibilisation (débats, ateliers, conférences, etc.);
- Les enquêtes (questionnaires, entretiens individuels, etc.);
- La co-construction (ateliers participatifs, conseils de quartier, etc.);
- Les expérimentations (test temporaire d'un aménagement, d'un mobilier urbain, actions de dépavage, etc.).

L'objectif des projets étant d'aménager les espaces au mieux pour répondre à la fois aux objectifs de renaturation et aux attentes et besoins des différents acteurs, il est important de privilégier un dialogue constructif avec les parties prenantes dès la phase amont du projet. La participation citoyenne permet d'enrichir le projet de l'expérience d'usage des riverains et de leurs compétences, tout en atténuant les points de blocage, favorisant l'acceptabilité du projet et l'implication des acteurs. L'objectif est *in fine* de combiner aspects environnementaux, sociaux et économiques sur le long terme. Aujourd'hui, des professionnels du dialogue territorial sont en mesure de mettre en œuvre cette concertation.

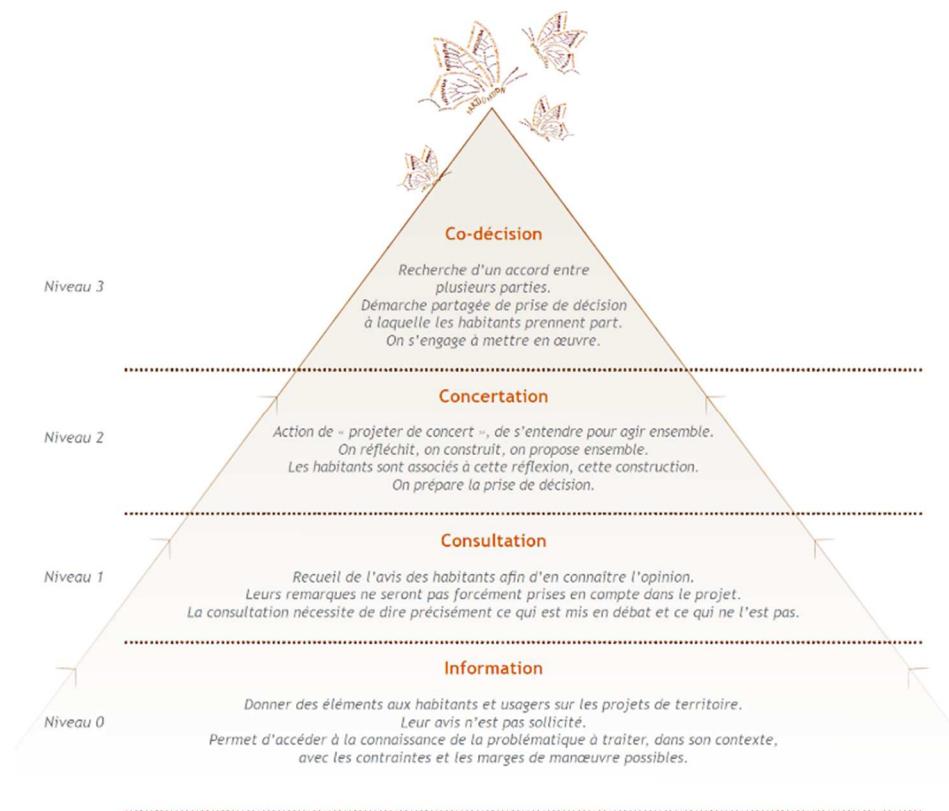


Figure 33 : Les degrés de la démarche participative (Source : Réseau École et Nature et Réserves naturelles du France, 2013)

2.5.2. Les collectivités territoriales dans l'objectif de ZAN

Un portage fort de l'échelle nationale est évidemment nécessaire, pour intégrer dans les textes de lois et la réglementation ces enjeux liés à la lutte contre l'artificialisation et fixer des objectifs nationaux. En effet, cette prise de position permettra une forte appropriation à l'échelle territoriale, dont les actions devront suivre les lignes directrices fixées.

Les élus, en tant que représentants des citoyens sur leur territoire, sont en mesure de montrer l'exemple et ont pour rôle de prendre des décisions pour l'intérêt général. Étant donné leurs compétences en termes d'aménagement du territoire, d'urbanisme et d'environnement, la sensibilisation des élus est nécessaire pour une appropriation forte des enjeux liés à l'artificialisation des terres. Le dialogue, la co-construction et la concertation sont dès lors des outils importants pour que l'élu décide les projets en accord avec les aspirations et besoins des citoyens. La volonté politique est un levier extrêmement fort, en capacité de dépasser les freins liés aux coûts ou à l'acceptabilité par exemple. Il est cependant nécessaire de préciser que le développement de l'artificialisation est dû à de nombreux déterminants au-delà de la non-sensibilisation des élus au sujet (fiscalité peu incitative à la limitation de l'artificialisation, dotation des collectivités basée sur un principe de « croissance », etc.), et que la sensibilisation à elle seule ne peut permettre un changement drastique des comportements. Par exemple, face au vieillissement de la population, l'élu peut décider de la création de nouveaux logements en étalement urbain afin de maintenir l'école ouverte.

Aujourd'hui, la vision du « maire bâtisseur » persiste, incitant à la construction de lotissements et de zones d'activités pour développer économiquement sa commune en opposition à la revitalisation des centres-villes. Il est essentiel de faire comprendre aux élus qu'il est possible de permettre un développement économique sans engendrer d'artificialisation.

Cette prise de conscience peut passer par les différentes problématiques engendrées par l'artificialisation (sur le cadre de vie, les terres agricoles et les services écosystémiques notamment), qui vont avoir des impacts directs sur les populations humaines et donc être au cœur des préoccupations des élus. L'intégration de mesures pour lutter contre l'artificialisation dans les documents d'urbanisme devrait être pleinement appréhendée par les élus. La sensibilisation des élus (via des guides) ou une formation spécifique sur le sujet pourrait dès lors abonder dans ce sens.

La connaissance des enjeux liés aux sols et aux écosystèmes sur le territoire est également primordiale. Aujourd'hui, ces connaissances s'expriment au mieux par les listes d'espèces (notamment identifiées via les Atlas de biodiversité communaux), car le sol est principalement vu du foncier, donc un zonage sur une carte, un support de construction à venir. À cela s'ajoute une difficulté inhérente aux sols : s'ils abritent 25% de la biodiversité spécifique, on connaît seulement 1% des espèces du sol. Or, l'appréhension des impacts de l'artificialisation sur la biodiversité est directement liée aux dynamiques et fonctionnalités, dont les connaissances restent encore lacunaires à l'échelle des territoires. Le rôle des têtes de réseau (à l'instar de l'Assemblée des communautés de France, de la Fédération nationale des SCoT, de la Fédération nationale des agences d'urbanisme ou encore du Club PLUi) est également primordial pour travailler directement avec les élus et les sensibiliser à ces enjeux. À cet égard, l'UPGE offre un catalogue de formations à destination des collectivités, afin de comprendre les projets de génie écologique, les questions à se poser dans les marchés publics et la coordination entre les acteurs.

Dans le cadre du programme Action cœur de ville, l'Agence nationale de la cohésion des territoires (ANCT), le PUCA et la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN) souhaitent ainsi, en lien avec les élus des communes moyennes, mettre en place des démonstrateurs de l'objectif de ZAN à travers un soutien important pendant au moins trois ans en matière d'ingénierie et d'expertise.

Selon la ministre de la Transition écologique, il s'agira d' « expérimenter une méthode concrète de planification et de programmation urbaine sobre en foncier, tournée vers la transition écologique »⁵⁵.

Enfin, une meilleure lisibilité des dispositifs fiscaux liés à l'artificialisation est primordiale pour orienter au mieux le développement des collectivités. La multiplicité des dispositions en vigueur rend difficile la pleine appréhension des mécanismes fiscaux ayant un impact sur l'artificialisation au niveau local. Aussi, leur meilleure connaissance est un pré-requis qu'il convient de diffuser. Le **tableau 10** reprend de manière non exhaustive la liste des outils les plus fréquemment rencontrés en matière de fiscalité.

Tableau 10 : Outils de financement et outils liés à la fiscalité

	Financements	Fiscalité
Grand Public	<u>Habiter sain et Habiter serein (ANAH)</u>	<u>Loi Denormandie (dispositif Pinel dans l'ancien)</u>
	<u>Prêt à l'amélioration de l'habitat de la Caf</u>	<u>Loi Malraux</u>
	<u>Intensification des plans nationaux de l'Anah pour la rénovation des logements (ANAH)</u>	<u>Taxe de défrichement</u>
	<u>Eco-prêt à taux zéro</u>	<u>Taux de TVA réduit pour des travaux de rénovation</u>
Collectivités	<u>Opérations programmée de l'ANAH</u>	<u>Taxe d'aménagement</u> (mécanisme désincitatif qui permet de financer les ENS sera ouverte à la dépollution des friches urbaines)
	<u>Programme National de Requalification des Quartiers Anciens Dégradés (ANRU)</u>	
	<u>Nouveau Programme National de Renouvellement urbain (ANRU)</u>	<u>Taxes sur les logements vacants (TLV et THLV)</u>
	<u>FEDER</u> (en fonction du PO)	<u>Taxe sur la cession à titre onéreux de terrains nus devenus constructibles instituée par les communes et les EPCI</u>
	<u>Life</u> (Atténuation et adaptation au changement climatique)	<u>1 % paysage développement</u>
	<u>NCFF (BEI) sur les mesures compensatoires ou d'adaptation au changement climatique</u>	
	<u>Agences de l'eau (GEMAPI et désimperméabilisation)</u>	

⁵⁵ <https://www.banquedesterritoires.fr/zero-artificialisation-nette-bientot-un-ami-pour-territorialiser-le-principe>

	<u>Appel à candidatures « Territoires pilotes de sobriété foncière» (ANCT - PUCA)</u>	
	<u>Fonds pour le recyclage des friches</u> <u>Appels à projets régionaux « recyclage foncier » (Préfectures de Région, DREAL)</u> <u>Appel à projets "Travaux de dépollution pour la reconversion de friches" (ADEME)</u>	
	<u>Aide à la densification (CGDD)</u>	
	<u>Protection du littoral (Etat)</u>	
	<u>Restauration de sites ou création d'infrastructures d'accueil du public dans les espaces et aires protégés (DREAL)</u>	
	<u>Restaurations écologiques pour la préservation et la valorisation des territoires (DREAL et OFB)</u>	
	<u>Prêt Action Cœur de Ville (Banque des Territoires)</u>	
Entreprises	<u>NCFF (EIB) sur les mesures compensatoires ou d'adaptation au changement climatique</u>	<u>Taxe sur les surfaces commerciales (Tascom)</u>
	<u>Agences de l'eau (restauration)</u>	<u>Taxe pour la création de bureaux et commerces en Île-de-France (TCB-IDF)</u>
	<u>Fonds pour le recyclage des friches</u> <u>Appels à projets régionaux « recyclage foncier » (Préfectures de Région, DREAL)</u> <u>Appel à projets "Travaux de dépollution pour la reconversion de friches" (ADEME)</u>	
	<u>Fonds de soutien à l'émergence de projets dans le tourisme durable (ADEME)</u>	
	<u>Prêt Action Cœur de Ville</u>	

2.5.3. Former les acteurs privés de l'aménagement et de l'urbanisme

Les acteurs privés (qu'ils soient aménageurs, promoteurs, constructeurs de maisons individuelles, urbanistes ou architectes) ont un rôle primordial à jouer dans la lutte contre l'artificialisation.

Aujourd'hui, les constructions denses sont encore peu répandues et répondent à un savoir-faire différent des logiques habituelles (PUCA, 2014), qui nécessite une transformation majeure du secteur. Cela vaut autant pour les aménageurs privés qui doivent s'adapter à ce nouveau marché, qu'aux constructeurs de maisons individuelles plus habitués aux maisons en discontinu (PUCA, 2014).

Les architectes sont également des acteurs centraux, permettant la cohérence et le suivi des actions. Via « le plan guide » élaboré par l'architecte, celui-ci a ainsi toutes les cartes en main pour fixer la composition urbaine et les intentions du projet.

Le PUCA (2014) propose quelques propositions d'orientations allant dans ce sens :

- « *Associer les professionnels et leurs fédérations dans l'échange d'expériences concluantes de lotissements denses, y compris avec des visites de terrains, pour faire ressortir les conditions de la réussite* »
- *Diffuser les bonnes pratiques tant sur les sources d'optimisation des coûts dans la filière constructive de la maison individuelle (en particulier sur les matériaux) que sur le montage du lotissement dense au moyen de supports tels qu'un guide élaboré avec les fédérations professionnelles (constructeurs, aménageurs, architectes), de présentations audiovisuelles, etc.*
- *Sensibiliser et essaimer auprès des professionnels de la construction de maisons individuelles sur le nouveau marché que constitue le lotissement dense : production d'un argumentaire, mise en place d'une plateforme collaborative d'échanges de ressources et d'expériences, etc.*
- *S'appuyer sur les acteurs ressources des territoires tels que les CAUE pour assurer cette diffusion, pour sensibiliser les collectivités à la densification douce, au mode projet qu'elle implique (ne pas simplement s'en remettre au règlement du PLU pour encadrer les opérations), à la nécessité de faire intervenir des architectes coordinateurs même si la législation ne l'oblige pas pour les permis d'aménager et les permis individuels de moins de 170 m², pour mettre en place dans les régions et les départements des groupes de travail avec les collectivités et les professions concernées.*
- *Produire un argumentaire à destination des collectivités locales pour les sensibiliser à la densification douce et les outiller dans leur dialogue avec leurs administrés* ».

C'est ainsi la mobilisation de l'ensemble des acteurs (citoyens, acteurs publics et acteurs privés) qui permettra de faire évoluer les modes de vie et la filière de la construction.

À retenir :

- L'implication des différents acteurs (grand public, collectivités et entreprises) est un levier crucial pour atteindre le ZAN
- Pour le grand public, il s'agit de travailler sur les préférences profondément ancrées dans les désirs des individus, notamment via la communication, la sensibilisation, les enquêtes, la co-construction ou des expérimentations
- Pour les collectivités territoriales, il est essentiel de faire comprendre aux élus qu'il est possible de permettre un développement économique sans engendrer d'artificialisation.
- Pour les acteurs privés de l'aménagement et de l'urbanisme, une transformation majeure du secteur est nécessaire

CONCLUSION ET PERSPECTIVE

Parmi les principaux enjeux du Plan biodiversité de juillet 2018 pour tendre vers l'absence de perte nette de biodiversité, l'objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN) est mis en avant. Sa prise en compte dans les politiques publiques est de plus en plus importante : le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, inspiré des travaux de la Convention Citoyenne pour le Climat, met ainsi en avant un certain nombre de mesures liées à la lutte contre l'artificialisation. Dès lors, la définition de l'artificialisation est un enjeu de premier rang, d'autant plus qu'il n'existe pas de consensus à ce sujet. À travers ce document, l'ADEME apporte sa pierre à l'édifice en élaborant une définition fondée sur trois dimensions : (i) l'utilisation et l'occupation des sols, (ii) la dégradation de la qualité des sols et (iii) la répartition et densité des terres artificialisées dans le paysage. L'ADEME propose ainsi la définition de l'artificialisation suivante : « *Est considéré comme artificialisé un sol (et plus généralement un habitat tel que défini dans le domaine de l'écologie) dont l'occupation ou l'usage affectent durablement sa qualité, c'est-à-dire tout ou partie de ses fonctions écologiques et des services écosystémiques rendus. La gravité des conséquences de l'artificialisation d'un sol dépend de la gravité de l'atteinte de sa qualité, ainsi que de la disposition dans le paysage (densité et répartition) des terres artificialisées.* ».

La France est particulièrement concernée par le phénomène d'artificialisation des sols. Si la période 2011-2016 montrait une diminution du rythme d'artificialisation de 31%, la tendance repart à la hausse sur la période 2016-2018. Cette tendance sur la base des fichiers fonciers (qui ne prend toutefois pas en compte les infrastructures et les équipements publics) est principalement due au développement de l'habitat (70%), de l'activité économique (24%) et des usages mixtes (2%). De nouveaux usages émergents vont voir leur contribution à l'artificialisation augmenter dans les prochaines années, tels que les énergies renouvelables, les datacenters et les entrepôts logistiques. L'habitat individuel se développe de manière plutôt diffuse, par opérations de faible ampleur. Non corrélée avec le développement de la population, l'artificialisation peut aussi s'expliquer par la baisse de la taille des ménages, l'augmentation de la vacance des logements et la construction de résidences secondaires ou occasionnelles. L'artificialisation due à l'activité se fait majoritairement via la construction d'importantes zones d'activités (sur de larges emprises, aux abords des routes). Concernant le secteur du transport, la place de l'automobile dans la mobilité des français est de plus en plus importante et entraîne la construction d'un réseau routier très fragmentant. L'artificialisation est donc un phénomène hétérogène sur le territoire : 20% des communes françaises sont responsables de 81,7% de l'artificialisation et 5% des communes sont responsables de 39,1% de l'artificialisation. Les espaces nouvellement artificialisés se situent principalement dans les milieux urbains et périurbains, ainsi qu'à proximité des littoraux atlantique et méditerranéen. Plus largement, l'artificialisation est déterminée par un ensemble de facteurs très divers tels que le faible coût des énergies (du fait de la non intégration de leur empreinte carbone notamment), la dotation de l'Etat aux collectivités basée sur un principe de « croissance » et non de sobriété, le coût du renouvellement urbain, le prix du foncier et de l'immobilier et *a contrario* le faible prix des terres agricoles et naturelles, la planification favorable à l'étalement urbain, le désir général d'accès au pavillon individuel et la fiscalité incitative à l'artificialisation.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour mesurer l'artificialisation en France (Corine Land Cover, Teruti-Lucas, les fichiers fonciers liés aux autorisations administratives – permis de construire et permis d'aménager), dont les divergences importantes entraînent des difficultés dans la manière d'appréhender l'artificialisation. L'Occupation des sols à Grande échelle (OCS GE) est en cours de développement, permettant la distinction entre zones perméables et imperméables au sein des surfaces anthropisées. Du point de vue des écosystèmes, des indicateurs sont de plus en plus utilisés par les écologues et les acteurs de l'aménagement pour mesurer l'artificialisation à l'échelle de la parcelle : le coefficient d'emprise au sol, le coefficient de biotope par surface, le coefficient de pleine terre, les indicateurs de naturalité, l'indice de qualité écologique.

L'artificialisation est à l'origine d'impacts négatifs importants :

- Sur les sols, les fonctions écologiques qu'ils assurent et les services écosystémiques associés ;
- Sur les habitats, les paysages, la diversité biologique et les continuités écologiques ;
- Sur la gestion de l'eau (accroissement du ruissellement, intensification des inondations, pollution des eaux pluviales urbaines) ;
- Sur la séquestration du carbone par les sols ;
- Sur la consommation d'espaces agricoles, nécessaires à la sécurité alimentaire, à une alimentation locale et à la vitalité économique locale ;
- Sur les dépenses des collectivités (déséconomies d'échelle) ;
- Sur la fracture sociale et territoriale (paupérisation des centres-villes ou de certaines zones pavillonnaires, augmentation des logements vacants, dégradation du patrimoine bâti, ségrégation spatiale).

Afin de limiter au maximum les impacts de l'artificialisation, l'État français et les différents acteurs multiplient les réflexions et travaux relatifs à l'objectif de ZAN.

La planification territoriale est un outil essentiel pour mettre en œuvre l'objectif de ZAN. Il semble désormais indispensable de questionner les liens entre l'échelle du projet d'aménagement et l'échelle territoriale, afin de renforcer la planification à des fins de limitation de l'artificialisation. À l'échelle régionale, le Sraddet doit définir des objectifs et des règles générales en matière de « gestion économe de l'espace » et de « protection et restauration de la biodiversité » qui seront déclinés dans les documents d'urbanisme de rang inférieur. Le Schéma de cohérence territoriale (SCoT) est un document de planification stratégique à moyen et long terme qui vise à limiter l'extension urbaine, notamment en présentant une analyse de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers au cours des dix années précédant l'approbation du schéma. Il justifie par ailleurs les objectifs chiffrés de limitation de cette consommation, et identifie, en prenant en compte la qualité des paysages et du patrimoine architectural, les espaces au sein desquels les plans locaux d'urbanisme doivent analyser les capacités de densification et de mutation. Le Plan local d'urbanisme intercommunal (PLUi) est un document d'urbanisme réglementaire qui permet une coordination à l'échelle d'un territoire dans son ensemble et fixe le droit des sols opposable aux autorisations d'urbanisme. Il a la capacité de rendre des arbitrages fonciers sur les modes d'occupation des sols au niveau de la parcelle. Cette capacité confère au document un rôle primordial dans l'objectif de réduction de la consommation de l'espace et d'optimisation des tissus urbanisés. Avec l'objectif ZAN, c'est la question de la bonne articulation entre ces documents qui est posée, afin de territorialiser de manière ciblée et cohérente les efforts à mener en faveur de la sobriété foncière et de la renaturation et plus généralement pour atteindre l'objectif national ZAN. Un des enjeux principaux soulevés par le ZAN réside dans l'intégration des fonctions et services rendus par les sols dans les documents d'urbanisme. L'ADEME et d'autres acteurs portent de nombreux projets de recherche sur ce sujet : UQUALISOL-ZU, MUSE, SUPRA, SOILVER, SOILval, etc. Un autre enjeu soulevé par le ZAN est l'intégration des fonctions et services rendus par les sols dans l'observatoire national de l'artificialisation.

Il est indispensable que la lutte contre l'artificialisation des sols soit fondée, comme pour toute politique environnementale, sur le principe de prévention, dont s'inspire la séquence ERC. Pour être adaptée à l'objectif de ZAN, celle-ci doit toutefois être envisagée de l'échelle de l'aménagement du territoire aux projets, en prenant mieux en compte les sols et les écosystèmes et en mettant la priorité sur l'évitement.

Concernant l'objectif de ZAN, il apparaît pertinent de considérer l'évitement lors du choix d'opportunité et l'évitement géographique (dès lors que le projet est réalisé sur un espace d'ores et déjà artificialisé) comme de l'évitement de l'artificialisation. Ainsi, (i) le développement de nouveaux aménagements en corrélation directe avec le besoin réel (et non idéalisé comme trop souvent) va permettre l'évitement lors du choix d'opportunité d'un nombre important d'aménagements qui seront jugés non nécessaires. La (ii) densification verticale en renouvellement urbain va quant à elle permettre l'évitement géographique. Concernant le choix d'opportunité, cet état de l'art présente des solutions afin d'éviter d'artificialiser outre mesure les sols pour l'habitat, les infrastructures de transport ou les nouveaux usages émergents. Les modalités liées au renouvellement urbain sont également présentées. Il s'agira de permettre la densification du bâti en surmontant les enjeux liés à son acceptabilité. Pour cela, il convient de travailler

sur la densité perçue, la mise en avant des co-bénéfices du renouvellement urbain, la prise en compte des espaces de nature en ville et le développement des mobilités douces. La réutilisation du bâti existant est également un enjeu important, via l'action sur le taux de vacance, le changement d'usage des bâtiments inutilisés et la surélévation du bâti existant. La reconquête des friches, espaces généralement déjà artificialisés, est également un vecteur d'évitement de l'artificialisation à considérer.

Comme vu dans la partie « Éviter l'artificialisation », l'évitement géographique sur un espace de moindre intérêt écologique et l'évitement technique sont plutôt considérés comme des mesures de réduction lorsqu'ils sont appliqués à l'artificialisation, ne permettant pas l'absence totale d'impacts sur les sols. La réduction comprend ainsi l'évitement géographique, qui consiste à réduire l'impact en évitant les sols de meilleure qualité (en termes de fonctions écologiques et services écosystémiques). Il s'agira notamment de préserver les espaces protégés, les zones humides, les massifs forestiers, les TVB, tout en sanctuarisant les espaces agricoles de meilleure qualité. Ceci nécessitera de cartographier les sols en fonction de leur qualité et de mettre à disposition des acteurs des cartes aux échelles pertinentes. Il s'agit également de développer de nouvelles formes urbaines résidentielles plus denses (habitat dense individualisé, habitat intermédiaire), notamment pour se substituer au lotissement traditionnel très consommateur d'espace. La désimperméabilisation et l'augmentation de la végétalisation dans les nouvelles constructions est également à prôner. Afin d'éviter de construire sur des espaces périurbains ou ruraux préservés, une autre mesure de réduction consiste à densifier via des emprises aux sols supplémentaires (par construction dans les dents creuses, extension horizontale du bâti, division de parcelles ou construction sur des espaces ouverts urbains).

La compensation de l'artificialisation pose encore de nombreuses questions et il est nécessaire de bien en définir le concept et de le partager avec l'ensemble des acteurs. De plus, il conviendra à terme de mieux encadrer sa mise en œuvre dans un objectif de ZAN.

En premier lieu, le rapport a souligné que la compensation de l'artificialisation doit se faire sur un site :

- Non naturel, agricole ou forestier (**1^{ère} dimension**) ;
- Avec un sol dégradé (pollué, imperméabilisé, tassé, tronqué, etc.) (**2^{ème} dimension**) ;
- Placé à un endroit stratégique dans le territoire (rural, urbain, TVB / réseau écologique, bassin hydro(géo)logique) et à une distance la plus courte possible du site compensé tout en étant cohérente avec l'échelle du paysage considéré. (**3^{ème} dimension**) ;
- De surface équivalente. Cette surface équivalente pourra être modulée par le niveau de fonctions et services restaurés.

Lorsque l'évitement et la réduction ne suffisent pas sur un site, et que la compensation doit être mise en place, l'ADEME préconise de mettre en place la compensation sur un site non ENAF. Il s'agira de déterminer quelles opérations doivent donner lieu à de la compensation, quelles opérations seront considérées comme de la désartificialisation, quels critères prendre en compte pour calculer l'équivalence entre les opérations d'artificialisation et de compensation. La publication questionne également les principes-clés de la compensation écologique au regard de son application pour l'objectif de ZAN (équivalence écologique, proximité fonctionnelle, pérennité, temporalité, etc.). La compensation représente l'ensemble du cycle permettant d'aller d'un espace artificialisé à un espace non-artificialisé. Celle-ci passe alors par des processus tels que la déconstruction, la dépollution, la désimperméabilisation, la refonctionnalisation des sols et la réhabilitation des sites. L'objectif est de rendre le sol en mesure d'assurer ses fonctions écologiques (régulation de l'eau, participation aux cycles des éléments et du carbone, habitat pour la microfaune et les microorganismes, etc.). Toutefois, la compensation de l'artificialisation doit prendre en compte l'ensemble des processus (et non une seule de ces étapes isolée).

L'implication des différents acteurs (grand public, collectivités et entreprises) est un levier crucial pour atteindre le ZAN, la réalisation de mesures pour lutter contre l'artificialisation passant avant tout par leur acceptation. Pour le grand public, il s'agit de travailler sur les préférences étroitement liées aux désirs des individus, notamment via la communication, la sensibilisation, les enquêtes, la co-construction ou des expérimentations. Pour les collectivités territoriales, il est essentiel de faire comprendre aux élus qu'il est

possible de permettre un développement économique sans engendrer d'artificialisation. L'intégration de mesures pour lutter contre l'artificialisation dans les documents d'urbanisme devrait être pleinement appréhendée par les élus. La connaissance des enjeux liés aux sols et aux écosystèmes sur le territoire est également primordiale. Pour les acteurs privés de l'aménagement et de l'urbanisme, une transformation majeure du secteur est nécessaire. Aujourd'hui, les constructions denses sont encore peu répandues et répondent à un savoir-faire différent des logiques habituelles. L'objectif est dès lors de diffuser les bonnes pratiques, de sensibiliser les professionnels, de s'appuyer sur les acteurs ressources des territoires et de développer un argumentaire convaincant.

Des travaux d'envergure restent à mener sur le ZAN afin de standardiser le vocabulaire et les méthodes de mesures de l'artificialisation. L'état de l'art présenté ici se concentre sur l'impact direct des projets sur les territoires, cependant les dimensions géographique et temporelle sont également importantes à prendre en compte pour considérer l'empreinte au sol globale du projet (Trommetter, 2017).

Dans le cadre de l'extraction et la transformation des matières premières, nous ne considérons pas l'impact de l'extraction de la matière comme une artificialisation. Cependant la nécessité d'accéder aux minéraux et à la création d'usine de transformation peut avoir des impacts sur les sols *ex situ*, notamment à l'international par le biais d'artificialisation de sol. L'observation est également valable pour le traitement des matières en fin de vie. Ainsi, une réflexion de type ACV, à une échelle plus globale prenant en compte l'amont et l'aval des projets est primordiale. Le domaine du bâtiment et du transport nécessite l'import de matières premières importantes qui artificialise des sols en dehors du territoire.

Le sujet ZAN se concentre actuellement sur les sols, cependant certains usages émergents comme le développement des énergies renouvelables offshore, ou le développement d'activités portuaires doivent permettre de mener la réflexion à propos de l'artificialisation du domaine maritime. Les enjeux sur les sédiments des fonds marins sont spécifiques aux différents sites et aux caractéristiques des projets. On peut néanmoins identifier une incidence indirecte sur la teneur en matière organique des fonds marins (ADEME *et al.*, 2020). Pour illustrer, deux types de technologies se sont développées concernant l'énergie éolienne offshore, avec des impacts variables sur les sédiments :

- - Les éoliennes en mer posées (via monopie, embase gravitaire ou jacket) ;
- - Les éoliennes en mer flottantes (semi-submersible, barge, TLP et Spar).

L'emprise sur les fonds marins est ainsi moins significative dans le cas de l'éolien flottant, bien que l'occupation du milieu puisse être plus importante. Il est également à noter les potentiels impacts générés par les câbles utilisés pour le raccordement au réseau, étant soit ensablés, soit sur des matelas de béton en cas de présence de rochers.

La prise en compte de ces deux notions d'ACV et du domaine maritime semble une perspective logique des travaux et réflexion à mener pour une meilleure prise en compte de l'artificialisation des sols des différents projets qui ont lieu sur le territoire français.

Bibliographie

Adam, M., Moulinié, C. (2005). Appréhender la densité. 3. « Formes urbaines et densités ». Institut d'Aménagement et d'urbanisme de la Région d'Ile-de-France. Note rapide n°384.

AdCF (2020). Comment atteindre l'objectif « zéro artificialisation nette » ? <https://www.adcf.org/articles-comment-atteindre-l-objectif-zero-artificialisation-nette--5090>

ADEME (2014a). Biodiversité et reconversion des friches urbaines polluées. 19p.

ADEME (2014b). Taux d'utilisation et coûts des différentes techniques et filières de traitement des sols et des eaux souterraines polluées en France, étude réalisée par Ernst & Young, 148p.

ADEME (2016). Les écosystèmes, éléments d'analyse thématique et technique complément du guide de l'AEU₂. Les volets thématiques de l'AEU₂, 56p.

ADEME (2017). Stratégie urbanisme durable de l'ADEME 2018-2022, Sanna, D., 16p.

ADEME (2018a). Stratégie de l'ADEME pour une bioéconomie durable 2017-2022, Trévisiol., A, Mousset, J., 42p.

ADEME (2018b). Faire la ville dense, durable et désirable : agir sur les formes urbaines pour répondre aux enjeux de l'étalement urbain, Collection « Expertises », Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, 72p.

ADEME (2020c). La reconversion des sites et des friches urbaines polluées, 14p.

ADEME (2019). Diagnostic de la qualité des sols agricoles et forestiers : indicateurs de suivi et stratégies de déploiement. Calvaruso, C., Blanchart, A., Bertin, S., 80p.

ADEME (2020a). Evaluer les bénéfices socio-économiques de la reconversion de friches pour lutter contre l'artificialisation. Outil BENEFRIES. <https://www.ademe.fr/evaluer-benefices-socio-economiques-reconversion-friches-lutter-contre-lartificialisation-outil-benefries>

ADEME (2020b). Reconvertir les friches polluées, recueil des intervenants. 6^e édition, 131p.

ADEME (2020c). Reconversion des friches polluées - Accompagnement des études et travaux de dépollution dans le cadre du Plan de relance. Appel à projets, 11^e édition, 23p

ADEME, Artelys, ARMINES-PERSEE, Demain, E. (2015). Un mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations. Rapport final.

ADEME, Devauze, C., Planchon, M., Lecorps, F., Calais, M., Borie, M. (2020). État de l'art des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages, et des moyens d'évaluation de ces impacts – Rapport d'analyse et de comparaison des impacts des énergies renouvelables sur la biodiversité, les sols et les paysages - directs et indirects sur l'ensemble de leur cycle de vie. 201p.

ADEME, I Care & Consult, Sol Paysage, ALTO, EVEA, 2017. Analyse critique de l'état des connaissances sur les impacts du cadre bâti sur les sols et des moyens d'évaluation de ces impacts. Rapport final. 100 p.

ADEME et Ineris (2012). Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués, état de l'art et guide de mise en œuvre, 99p.

ADEME et MEDDE (2011). Le savoir-faire français dans le domaine de la dépollution des sols et des eaux souterraines, 16p.

Agreste (1996). 25 ans de Statistique Agricole Annuelle. Rétrospective 1970-1994. Données chiffrées. Agriculture n°79 – février 1996.

Agreste Primeur (2015). Utilisation du territoire : l'artificialisation des terres de 2006 à 2014 : pour deux tiers sur des espaces agricoles, n°326, 6p.

Aksoy, E., Gregor, M., Schroder, C., Lohnertz, M., Louwagie, G. (2017). Assessing and analysing the impact of land take pressures on arable land. Solid Earth, 8 (3), pp.683-695.

Angers Loire Métropole (2017). Consulter le PLUi, accessible sur <<http://www.angersloiremetropole.fr/un-territoire-en-mouvement/plan-local-d-urbanisme-intercommunal/consulter-le-plui/index.html>>

Arlidge, W. N., Bull, J. W., Addison, P. F., Burgass, M. J., Gianuca, D., Gorham, T. M., Wilcox, C. (2018). A global mitigation hierarchy for nature conservation. BioScience, 68(5), pp.336-347.

Armoogum, J., Hubert, J. P., Roux, S., Le Jeannic, T. (2010). Plus de voyages, plus de kilomètres quotidiens : une tendance à l'homogénéisation des comportements de mobilité des Français, sauf entre ville et campagne, pp. 5-24.

Atout France (2019). Résidences secondaires et développement touristique des destinations, Collection Observation touristique n°52, 160p.

Bacholle, C., Leclerc, B., Coppin, Y. (2005). Utilisation de produits organiques en reconstitution de sol - Inventaire des pratiques en France - Etat de l'art des connaissances liées aux impacts de ces pratiques, Synthèse, ADEME

Barra, M. (2013). Bâtiment et construction : pistes pour une transition écologique. 15 propositions pour changer les pratiques de construction et d'aménagement en faveur de la biodiversité, NatureParif, 36p.

Barra, M., Clergeau, P. (2020). « Zéro artificialisation nette » : des questions écologiques se posent, Diagonal, 8p.

Béchet, B., Le Bissonnais, Y., Ruas, A., Aguilera, A., André, M., Andrieu, H., Ay, J.-S., Baumont, C., Barbe, E., Beaudet-Vidal, L., Belton-Chevallier, L., Berthier, E., Billet, Ph., Bonin, O., Cavailhès, J., Chancibault, K., Cohen, M., Coisnon, T., Colas, R., Cornu, S., Cortet, J., Dablanc, L., Darly, S., Delolme, C., Fack, G., Fromin, N., Gadal, S., Gauvreau, B., Géniaux, G., Gilli, F., Guelton, S., Guérois, M., Hedde, M., Houet, T., Humbertclaude, S., Jolivet, L., Keller, C., Le Berre, I., Madec, P., Mallet, C., Marty, P., Mering, C., Musy, M., Oueslati, W., Paty, S., Polèse, M., Pumain, D., Puissant, A., Riou, S., Rodriguez, F., Ruban, V., Salanié, J., Schwartz, C., Sotura, A., Thébert, M., Thévenin, T., Thisse, J., Vergnès, A., Weber, C., Werey, C., Desrousseaux, M. (2017). Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols, Déterminants, impacts et leviers d'action. INRA (France), 609p.

Berté, C. (2020). La problématique foncière de la compensation écologique. Sciences Eaux Territoires, (1), pp.10-11.

Bigard, C. (2018) « Eviter-Réduire-Compenser : d'un idéal conceptuel aux défis de mise en œuvre : une analyse pluridisciplinaire et multi-échelle ». Thèse de doctorat, Montpellier.

Bigard, C., Leroy, M. (2020). Appréhender la séquence Éviter-Réduire-Compenser dès la planification de l'aménagement : du changement d'échelle à sa mise en œuvre dans les territoires. Sciences Eaux Territoires, (1), pp.12-17.

Bigard, C., Pioch, S., Thompson, J.D. (2020). De la théorie à la pratique de la séquence Éviter-Réduire-Compenser (ERC) : éviter ou légitimer la perte de biodiversité ?. Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, 11(2).

Billet, P. (2018). Le statut juridique des sols face à l'artificialisation : état des lieux et perspectives. Annales des Mines-Responsabilité et environnement, 3, pp.24-28.

Blanchart, A. (2018). Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).

Blondy, C. (2016). Le tourisme, un facteur de développement durable des territoires insulaires tropicaux ? Tourisme, aménagement, environnement et société locale à Bora Bora (Polynésie française). Mondes du Tourisme, (Hors-série).

Bougrain-Dubourg, A., Férey, P. (2020). Bilan de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages, Les Avis du CESE, 106p.

Bourdeau-Lepage, L. (2019). De l'intérêt pour la nature en ville, Revue d'économie régionale et urbaine, n°5.

Breuillé, M. L., Grivault, C., Le Gallo, J., Le Goix, R. (2019). Impact de la densification sur les coûts des infrastructures et services publics. Revue économique, 70(3), pp.345-373.

Brown, P., Whitney, G. (2011). U.S. Renewable Electricity Generation: Resources and Challenges. Congressional Research Service.

Calzolari, C., Tarocco, P., Lombardo, N., Marchi, N., Ungaro, F. (2020). Assessing soil ecosystem services in urban and peri-urban areas: From urban soils survey to providing support tool for urban planning. Land Use Policy, 99, 105037.

Carré, C., Deutsch, J.C. (2015). L'eau dans la ville : une amie qui nous fait la guerre. Éditions de l'Aube.

CDC Biodiversité (2017). Végétalisation du bâti et biodiversité, Mission Économie de la Biodiversité, BIODIV'2050 n°13, 32p.

Cerema (2017). La protection des espaces agricoles et naturels périurbains (ex-PAEN), <http://outil2amenagement.cerema.fr/la-protection-des-espaces-agricoles-et-naturels-r467.html>

Cerema (2018). Projet MUSE: intégrer la multifonctionnalité des sols dans les documents d'urbanisme, <https://www.cerema.fr/fr/actualites/projet-muse-integrer-multifonctionnalite-sols-documents>

Cerema (2019a). Quelle prise en compte des sols dans les documents d'urbanisme ?, Rapport d'étude, 126p.

Cerema (2019b). Comment intégrer la désimperméabilisation des sols sur son territoire ? L'exemple du Grand Narbonne. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/comment-integrer-desimpermeabilisation-sols-son-territoire>

Cerema (2020a). Périmètre, gouvernance : le Cerema décrypte l'ordonnance de 2020 sur la modernisation des SCoT (partie 1). <https://www.cerema.fr/fr/actualites/perimetre-gouvernance-cerema-decrypte-ordonnance-2020>

Cerema (2020b). Artificialisation des sols : des leviers pour allier efficacité et qualité de l'urbanisation. <https://www.cerema.fr/fr/actualites/artificialisation-sols-leviers-allier-efficacite-qualite>

Cerema Hauts-de-France (2020). L'artificialisation et ses déterminants d'après les Fichiers fonciers Période 2009-2017 – Chiffres au 1er janvier 2017, 62p.

CERF Auvergne-Rhône-Alpes (2017). Sécuriser les acquisitions et les cessions d'anciens sites industriels, Focus n°6, 8p.

CERTU (2011). La dépollution des terrains : principes et responsabilités, Fiche n°5, 8p.

CEV (2015). Avis du Comité pour l'économie verte du 16 juillet 2015 « Fiscalité et artificialisation des sols », 11p.

CEV (2019). Les enjeux de l'artificialisation des sols : diagnostic, Comité pour l'économie verte, 46p.

CGDD (2017). La fonction touristique des territoires : facteur de pression ou de préservation de l'environnement ? Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, 56p.

CGDD (2017). Artificialisation, de la mesure à l'action. Ministère de l'environnement de l'énergie et de la mer, 46p.

CGDD (2017). La séquence « éviter, réduire et compenser », un dispositif consolidé. Théma. 4p.

CGDD (2018). Objectif « zéro artificialisation nette », Éléments de diagnostic. Ministère de la Transition écologique et solidaire, 4p.

CGDD (2019). Évaluation du taux d'artificialisation en France : comparaison des sources Teruti-Lucas et fichiers fonciers, Datalab, Commissariat général au développement durable, 60p.

CGDD (2019). Trajectoires vers l'objectif « zéro artificialisation nette », Éléments de méthode. Ministère de la Transition écologique et solidaire, 6p.

CGDD (2020). Chiffres clés des énergies renouvelables, édition 2020. Ministère de la Transition écologique. Datalab, 92p.

Charmes E. (2013), L'artificialisation est-elle vraiment un problème quantitatif ?, Etudes foncières, Compagnie d'édition foncière, pp.23-28.

CILB (2020). Gradient de naturalité - Echelle d'artificialisation. <https://www.cilb.fr/nos-realisations>

Cocquière A. (2020a). De la maîtrise de l'étalement urbain à l'objectif « zéro artificialisation nette », L'Institut Paris Region, 6p.

Cocquière, A. (2020b). Une modernisation du SCOT à la hauteur de ses enjeux ?, L'Institut Paris Region, 4p.

Cocquière, A., Cornet, N. (2021). « La pleine terre : nécessité d'une définition partagée dans les PLU ». Note Rapide, n°884, L'Institut Paris Région

Colsaet, A. (2017). Gérer l'artificialisation des sols : une analyse du point de vue de la biodiversité, Rapport, Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (Iddri), Paris, France, 105p.

Comité de Bassin Rhône Méditerranée (2017). Vers la ville perméable, comment désimperméabiliser les sols, Guide technique du SDAGE, 64p.

Commission Européenne (2012). Lignes directrices concernant les meilleures pratiques pour limiter, atténuer et compenser l'imperméabilisation des sols, document de travail des services de la commission, 73p.

Commission Européenne (2020). Stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à horizon 2030 : Ramener la nature dans nos vies, Communication de la commission au parlement européen, au conseil, au comité économique et social européen et au comité des régions, 28p.

Conseil de l'Europe (2000). Convention européenne du paysage, 7p.

Convention citoyenne pour le climat (2020). Les propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat, 460p.

Cormier, T., Cornet, N. (2020). « Zéro artificialisation nette, un défi sans précédent ». Note Rapide, n°832, L'Institut Paris Region

Cormier, T., Delaville, D., Dugué, R. (2020). Le « MOS+ », un premier pas vers une observation moins binaire du ZAN, L'Institut Paris Region, 6p.

Cour des comptes (2020). Les leviers de la politique foncière agricole. 5p.

CRÉDOC (2008). Quelques opinions et aspirations en matière de logement, Enquête « Conditions de vie et Aspirations des Français », document réalisé à la demande du ministère du Logement et de la Ville, 82p.

Da Cunha A., Knoepfel P., Leresche J.P., Nahrath, S. (2005). Enjeux du développement urbain durable. Transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes.

Dantec, R. (2017). Compensation des atteintes à la biodiversité : construire le consensus. Note de synthèse de la commission d'enquête sur les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité engagées sur les grands projets d'infrastructure, Rapport, (517), pp.2016-2017.

Darley, A., Zunino, G., Palisse, J.P. (2009). Comment encourager l'intensification urbaine ? Les Carnets Pratiques, IAU Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile-de-France.

Delzons, O., Gourdain, P., Siblet, J.P., Touroult, J., Hérard, K., Poncet, L. (2013). L'IQE : un indicateur de biodiversité multi-usages pour les sites aménagés ou à aménager, Revue d'écologie.

DEMOCLES, les clés de la démolition durable (2018). Guide d'accompagnement de la Maîtrise d'ouvrage et de la Maîtrise d'œuvre. Intégration des prescriptions « Déchets » dans les CCTP et les contrats cadres de chantiers de réhabilitation lourde et de démolition, <https://www.democles.org/uploads/2019/04/guide-des-clauses-cctp-v2018.pdf>

Demoli, Y., Lannoy, P. (2019). Sociologie de l'automobile, La Découverte, 128p.

Denhartigh, C. (2019). Séquestration du carbone dans les sols agricoles en France : état des connaissances et pistes de réflexion, Réseau Action Climat France, 12p.

Desgrandchamps G. Ferrand M. Léger J.M. Le Roy B., Le Roy M. (2010). Lotir les lotissements. Conditions architecturales, urbanistiques et sociologiques de la densification douce de l'habitat individuel. In Bendimérad S. (Ed.), Habitat pluriel. Densité urbanité intimité. Paris, PUCA, coll. Recherches, n°199, pp.117-138.

Desrousseaux, M. (2014). La protection juridique de la qualité des sols. Thèse de doctorat (Droit public), Lyon 3, 660p.

DHUP, CGDD et Cerema (2017). Territorialisation de la production de logements : guide méthodologique pour l'estimation des besoins en logements, 125p.

Di Gregorio A. (2005). Land cover classification system: classification concepts and user manual: LCCS (software version 2). UN-FAO. Based on the original version 1 prepared by Di Gregorio A. and Jansen J.M.

Drobnik, T., Greiner, L., Keller, A., Grêt-Regamey, A. (2018). Soil quality indicators—From soil functions to ecosystem services. Ecological indicators, 94, pp.151-169.

Dusza Y., Abbadie L., Barot S., Kraepiel Y., Gendreau E., Lata J-C., Raynaud, X. (2018). Vers des toitures végétalisées multifonctionnelles : importance des interactions sols-plantes et de la biodiversité. Toitures végétalisées et biodiversité, 21p.

Eaux et Rivières de Bretagne (2020). Artificialisation des sols : stop aux nouvelles routes <https://www.eau-et-rivieres.org/artificialisation-des-sols-stop-aux-nouvelles-routes>

FESE (2016). Rapport intermédiaire, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, 162p.

FESE (2019). La séquestration de carbone par les écosystèmes en France, Théma, 102p.

Ellen MacArthur Foundation, Sun, McKinsey Center for Business and Environment (2015). Growth Within : A circular economy vision for a competitive world, pp.82-83.

Epiceum et Harris Interactive. (2018). Baromètre de la communication locale : la communication publique attendue sur le terrain des services, 6p.

Établissement Public du SCoT de la grande région de Grenoble (2012). SCoT 2030. <https://scot-region-grenoble.org/>

FAO (2015). Les fonctions du sol. <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/fr/c/294324/>

Feix, I. (2018). Chapitre 8 - Sols et énergie. In J. Berthelin, C. Valentin, & J. Munch, Les sols au cœur de la zone critique 1 : Fonctions et services (Vol. 1). ISTE Editions.

Flandin, J., (2019), Plantons local en Île-de-France, ARB îdF, 102p.

Fosse, J., Belaunde, J., Degrémont, M., Grémillet, A. (2019). Objectif « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ?, France Stratégie, Rapport au ministre de la Transition écologique et solidaire, au ministre de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales et au ministre chargé de la Ville et du logement, 54p.

Gailing, L. (2012). Dimensions of the social construction of landscapes - Perspectives of new institutionalism, Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, pp.195-205.

Gasparatos, A., Doll, C., Esteban, M., Ahmed, A., & Olang, T. (2017). Énergie renouvelable et biodiversité : les implications pour parvenir à une économie verte. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 70.

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

Gautier, H. (2019). L'intégration de la pluie dans le système urbain : quelle action des collectivités locales françaises pour la résilience climatique des villes de demain ?, Rapport d'expertise, 85p.

Gehl, J. (2013). Pour des villes à échelle humaine, Montréal, Éditions Écosociété. 273p.

GIEC, (2018). Global warming of 1.5°C, an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty, summary for policymakers, 33p.

Grand Lyon (2017). Projet Ville Perméable, Comment réussir la gestion des eaux pluviales dans nos aménagements ? Guide d'aide à la conception et à l'entretien, 82p.

Guiseppelli, E. (2007). Du rapport complexe entre expertise paysagère, représentations sociales des paysages et développement local, Quaderni, 64(1), pp.37-49.

Günnewig, D., Sieben, A., Püschen, M., Bohl, J., & Mack, M. (2009). Guide sur la prise en compte de l'environnement dans les installations photovoltaïques au sol - l'exemple allemand. DGEC.

Henle, K., Kunin, W., Schweiger, O., Schmeller, D. S., Grobelnik, V., Matsinos, Y., Similä, J. (2010). Securing the conservation of biodiversity across administrative levels and spatial, temporal, and ecological scales—research needs and approaches of the SCALES project. Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society, 19(3), pp.187-193.

Hong, S., Bradshaw, C., Brook, B. (2013). Evaluating options for the future energy mix of Japan after the Fukushima nuclear crisis. Energy Policy, 56p.

IPBES (2019) Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo (editors). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 1148p.

Jacquot, H., Priet, F., Soazic, M. (2019). Droit de l'urbanisme, Dalloz.

Katsaprakakis, D. (2012). A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete.

Klugmann-Radziemska, E. (2014). Environmental Impacts of Renewable Energy Technologies. International Conference on Environmental Science and Technology. 69. IPCBEE.

Kreitler, J., Schloss, C. A., Soong, O., Hannah, L., Davis, F.W. (2015). Conservation planning for offsetting the impacts of development: a case study of biodiversity and renewable energy in the Mojave Desert. PloS one, 10(11).

Lambert, A., (2015). Tous propriétaires ! L'envers du décor pavillonnaire. Seuil, Collection « liber », 278 p.

Le Floch, S., Devanne, A. & Deffontaines, J. (2005). La « fermeture du paysage » : au-delà du phénomène, petite chronique d'une construction sociale. L'Espace géographique, 34, 49-64

L'Institut Paris Region (2016). Comprendre la consommation des espaces agricoles et naturels, glossaire pédagogique, 47p.

L'Institut Paris Region (2020). Vers un modèle circulaire pour les matériaux de construction, Note Rapide, n°849, 6p.

L'ObSoCo (2020). Les perspectives utopiques des français, synthèse, 7p.

Labo du Scot Métropolitain (2018). Promouvoir la biodiversité, la renaturation de la friche Kodak à Sevran. Métropole du Grand Paris, 5p.

LACLAU B, FELIX L, COYOLA A, PEUPORTIER B (2015). BAZED - Aide à la conception de bâtiments « zéro déchet », étude financée l'ADEME, 67 p.

Lajarge, R. (2017). Valeur spécifique de l'action des Parcs naturels régionaux.

Laperche, D. (2020). L'inventaire national des friches : un outil pour le zéro artificialisation nette ? ». Actu-environnement.

LAREP (2016). Densifier par l'habitat collectif : quelle gouvernance pour favoriser la qualité urbaine et architecturale ? Le cas des centres bourgs périurbains franciliens, Laboratoire de recherche en projet de paysage, communication à l'occasion du colloque IDEP 2016, <https://topia.fr/2017/01/19/densifier-par-lhabitat-collectif-quelle-gouvernance-pour-favoriser-la-qualite-urbaine-et-architecturale-le-cas-des-centres-bourgs-periurbains-franciliens/>

Le Délézir R. (2008). Le développement littoral en question. Pour, 2008/4, n°199, pp.109-115.

Le Foll, B., Miet, D. (2013). Construire dans mon jardin et résoudre la crise du logement. Cinq idées-clés pour comprendre la filière BIMBY, Métropolitiques.

Liénard, S., Clergeau, P. (2011). Trame Verte et Bleue: Utilisation des cartes d'occupation du sol pour une première approche qualitative de la biodiversité. Cybergeo: European Journal of Geography.

LPO (2020). Zéro artificialization nette : Conditions de mise en œuvre et opportunités pour le plan de relance post Covid-19, les propositions de la LPO, 12p.

Luginbühl, Y. (2012). La mise en scène du monde : La construction du paysage européen. CNRS, Paris

Lynch, L. Duke, J.M. (2007). Economic benefits of farmland preservation: Evidence from the United States. College Park: The University of Maryland, Department of Agricultural and Resource Economics, 25p.

Marié, X. (2020). Comment limiter l'artificialisation des sols, en soutenant les besoins de développement français sur l'ensemble de son maillage territorial ? L'aménageur au cœur d'injonctions contradictoires, comment résoudre l'équation ?, Actes du colloque, Réseau national des aménageurs, 36p.

Mauroux, S. (2017). Des PLU aux PLUi: état des lieux de la compétence intercommunale en matière d'urbanisme, AJDA, 1265p.

MEDDTL. (2011). Installations photovoltaïques au sol - Guide de l'étude d'impact.

MEEF (2017). Atlas des entrepôts et des aires logistiques en France en 2015. Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer, Datalab, 112p.

Millenium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and human well-being: synthesis, Island Press, 155p.

Ministère de la transition écologique (2017). Méthodologie Nationale de Gestion des Sites et sols Pollués, <https://www.ecologie.gouv.fr/sites-et-sols-pollues> et <http://ssp-infoterre.brgm.fr/methodologie-nationale-gestion-sites-sols-pollues>

Ministère de la transition écologique (2018). Plan ressources pour la France - Contribution à la stratégie nationale de transition vers l'économie circulaire. <https://www.ecologique-sante.gouv.fr/>

solidaire.gouv.fr/sites/default/files/FREC%20-%20Plan%20Ressources%20pour%20la%20France%202018.pdf

Miquel F., Mougey, J., Ribière, G. (2010). La réhabilitation de l'immobilier de loisirs en France. Ministère de l'environnement, de l'énergie, du développement durable et de la mer, Ministère de l'espace rural et de l'aménagement du territoire, Secrétariat d'Etat chargé du commerce, de l'artisanat, des PME, du tourisme et des services et de la consommation, Paris, France

Mirabel, F. Reymond, M. (2013). Étalement urbain et choix de l'automobilité, Economie des Transports Urbains, pp.7-30.

Moreau, C. (2019). Mettre en débat l'état de référence. Analyse des représentations des dynamiques paysagères au prisme des services écosystémiques, Thèse de doctorat.

MNHN (2015). L'Indicateur de Qualité Ecologique (IQE) et l'Indicateur de Potentialité Ecologique (IPE) : méthodologies. Delzons, O., Service du Patrimoine Naturel, Muséum national d'Histoire naturelle, 65p.

MTE (2020). Bilan annuel des transports en 2019 : les externalités. Ministère de la Transition écologique, Datalab, 23p.

MTES (2018a). Plan biodiversité, Ministère de la Transition écologique et solidaire, 28p.

MTES (2018b). Évaluation environnementale : Guide d'aide à la définition des mesures ERC, Cerema et CGDD, Théma, 134p.

MTES (2018c). Objectif « Zéro artificialisation nette », éléments de diagnostic, Théma.

Muller, S., Marchand, D., Bailly, E., Consales, J.N., Clergeau, P., Bonnaud, X. (2020). Confinement en ville : pourquoi l'accès à la nature est tout simplement vital, The Conversation, <https://theconversation.com/confinement-en-ville-pourquoi-lacces-a-la-nature-est-tout-simplement-vital-137500>

Muratet, A. (2011). Typologie des friches et rôle dans la connectivité urbaine. Fiches urbaines et biodiversité, Rencontres de Natureparif. 32p.

Nikolova, T. (2015). Vers un nouvel urbanisme souterrain : des métropoles engagées, Note Rapide, n°697.

O'Rourke, E., Charbonneau, M., Poinsot, Y. (2016). High nature value mountain farming systems in Europe: Case studies from the Atlantic Pyrenees, France and the Kerry Uplands, Ireland, Journal of Rural Studies, 46, pp.47-59.

OCDE (2017). The governance of land use in OECD countries: policy analysis and recommendations, Publications de l'OCDE, Paris, 208p.

ORÉE (2018). Comment mieux déconstruire & valoriser les déchets du BTP, 88p.

Orfeuil, J. P. (2020). Les débats sur la densité, la mobilité et la sobriété. Constructif, (3), pp.17-20.

Paillard, S., Virat, V., Cazé, C., Moersberger, H., Sharma, H., Valin, N. (2020). La biodiversité et l'agenda 2030, quelles trajectoires pour zéro perte nette de biodiversité en France métropolitaine ? Synthèse de l'atelier Biodiversité, Future Earth, Science-Based pathways for sustainability, 51p.

Pays de Pontivy (2016). Le SCOT applicable depuis le 26 novembre 2016, <http://www.pays-pontivy.fr/comprendre-le-pays/le-schema-de-coherence-territoriale/le-scot-applicable-depuis-le-26-novembre-2016>

Pays de Rennes (2015). Le SCoT, <http://www.paysderennes.fr/-Organisation-du-territoire-aujourd-.html>

Pease, J.R., Coughlin, R.E. (1996). Land Evaluation and Site Assessment: A Guidebook for Rating Agricultural Lands Ankeny, Soil and Water Conservation Society, 240p.

Plan Urbanisme Construction Architecture (2014). Vers des politiques publiques de densification et d'intensification douces ? Séminaire du 2 juin 2014, 160p.

Plant, R., Maurel, P., Barbe, E., Brennan, J. (2018). Introduction : les terres agricoles face à l'urbanisation.

Plante & Cité (2015). Programme SITERRE : Procédé de construction de Sols à partir de matériaux Innovants en substitution à la TERRE végétale et aux granulats de carrière, Rapport final, étude réalisée pour le compte de l'ADEME par le consortium formé pour le projet SITERRE (Plante & Cité, Valterra, Rittmo Agroenvironnement, ACTeon, Luc Durand, IFSTTAR, BRGM, Université de Lorraine-GISFI, Agrocampus Ouest-INHP, 408p.

Pouliquen, E. (2018). Quelques constats sur les logements vacants, Dreal Normandie.

Prokop, G., Jobstmann, H., Schönhauer, A. (2011). Overview on best practices for limiting soil sealing and mitigating its effects in EU-27. Environment Agency Austria, Technical Report

PUCA (2020). Vers des politiques publiques de densification et d'intensification « douces » ? Intérêts, limites et opportunité (2013-2018).

Redfern, T.W., Macdonald, N., Kjeldsen, T.R., Miller, J.D., Reynard, N. (2016). Current understanding of hydrological processes on common urban surfaces. Progress in Physical Geography, 40(5), pp.699-713.

Reed, M.S., Bonn, A., Slee, W., Beharry-Borg, N., Birch, J., Brown, I., Burt, T.P. (2009). The future of the uplands, Land Use Policy, Land Use Futures, 26, pp.4-16.

Région Centre-Val de Loire (2020). Centre-Val de Loire, la Région 360°. <https://www.centre-valdeloire.fr/comprendre/territoire/centre-val-de-loire-la-region-360deg>

Région Hauts-de-France (2020). La Région adopte son SRADDET. <https://www.hautsdefrance.fr/la-region-adopte-son-sraddet/#:~:text=Lors%20de%20la%20s%C3%A9ance%20pl%C3%A9ni%C3%A8re,pr%C3%A9fectoral%20le%20ao%C3%BBt%202020>>

Région Normandie (2020). Le SRADDET. <https://www.normandie.fr/le-sraddet>

Réseau École et Nature et Réserves naturelles de France (2013). Nature-Biodiversité, tous concernés ! Impliquer les citoyens dans la préservation de la biodiversité, Guide Méthodologique, 147p.

Rey-Lefebvre (2019). En Ile-de-France, la densification urbaine devient un sujet de crispation, Le monde. https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/12/10/en-ile-de-france-la-densification-urbaine-devient-un-sujet-de-crispation_6022288_3234.html

Roissy Pays de France (2019). Le SCoT. <https://www.roissypaysdefrance.fr/agglo/les-grands-projets/le-scot>

Roxburgh, T., Ellis, K., Johnson, J.A., Baldos, U.L., Hertel, T., Nootenboom, C., and Polasky, S. (2020). Global Futures: Assessing the global economic impacts of environmental change to support policy-making, Summary report, World Wildlife Fund, 32p.

Scapino, J. (2016). De la friche urbaine à la biodiversité : Ethnologie d'une reconquête : La petite ceinture de Paris. Architecture, aménagement de l'espace. Museum national d'histoire naturelle.

Schmit, P. (2017). PLU intercommunaux : un essor considérable en trois ans, Intercommunalités, 219, pp.3-6.

Séré, G. (2007). Fonctionnement et évolution pédogénétiques de Technosols issus d'un procédé de construction de sol. Sciences de la Terre. Institut National Polytechnique de Lorraine.

Service de l'Observation et des Statistiques (2010). L'artificialisation des sols. <http://www.donnees.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/lesessentiels/essentiels/sol-perte-artificialisation.html>

Sétra (2007). Guide méthodologique, Évaluation des projets d'infrastructures routières, pilotage des études de trafic, 42p.

Simmonds, J.S., Sonter, L.J., Watson, J.E., Bennun, L., Costa, H. M., Dutson, G., Kiesecker, J. (2020). Moving from biodiversity offsets to a target-based approach for ecological compensation. Conservation Letters, 13(2).

Slak M.F., Vidal C. (1995). Les mutations de l'agriculture ont façonné le paysage rural, Agreste, cahiers n°21, pp. 47-56.

Syndicat des énergies renouvelables (2017). Révision de la Programmation pluriannuelle de l'énergie, les scénarios du SER pour construire le nouveau modèle énergétique français, 41% d'énergies renouvelables à l'horizon 2030. 24p.

Taugourdeau, O., Hellal, J., Montfort, D., Limasset, E., Chauvin, C. (2020). Enjeux de la reconversion d'une friche et comment évaluer la réhabilitation écologique d'un sol dégradé, synthèse projet BioTUBES, 39p.

Toth, G. (2012). Impact of land-take on the land resource base for crop production in the European Union. Science of The Total Environment, 435, pp.202-214.

Touati, A. (2015). Les différentes formes de densification douce ». Cités Territoires Gouvernance.

Trainor, A. M., McDonald, R. I., Fargione, J. (2016). Energy sprawl is the largest driver of land use change in United States. PloS one, 11(9), e0162269.

Trewella, W.J., Harris, S. (1990). The effect of railway lines on urban fox (*vulpes-vulpes*) numbers and dispersal movements. Journal of Zoology, 221, pp.321-326

Tricaud, P.M. (2020). Quelles formes urbaines dans le monde d'après ?. L'Institut Paris Region.

Trommetter, M. (2017). Climat et biodiversité. Concilier énergies renouvelables et biodiversité. ORÉE, 26p.

Truchon, H., De Billy, V., Bezombes, L., Padilla, B. (2020). Dimensionnement de la compensation ex ante des atteintes à la biodiversité – État de l'art des approches, méthodes disponibles et pratiques en vigueur. Office français de la biodiversité, INRAE, MNHN. 69p.

Vélo & Territoires (2019). Quels enjeux environnementaux pour les revêtements des aménagements cyclables ?, Vélo & Territoires, La Revue, n°57, pp.12-15.

Valdigié M., Schmit P., 2018. Favoriser la réutilisation des friches commerciales. Annales des Mines. Responsabilité & Environnement, juillet 2018, n°91, pp.38-40.

Vélo & Territoires (2020a). Vélo & Territoires : chiffres-clés 2019, 2p.

Vélo & Territoires (2020b). Le vélo, ingrédient clé de la relance, 7p.

Vivre en Ville (s.d.). « Compacité /Densité ». Collectivités viables.org.

Walter, C., Bispo, A., Chenu, C., Langlais-Hesse, A., Schwartz, C. (2015). Les services écosystémiques des sols: du concept à sa valorisation. Cahier Demeter.

Weissgerber, M., Roturier, S., Julliard, R., Guillet, F. (2019). Biodiversity offsetting: Certainty of the net loss but uncertainty of the net gain. Biological Conservation, 237, 200-208.

Annexes

Annexe 1 - Les propositions de la Convention citoyenne sur le climat relatives à l'artificialisation

Récemment la Convention citoyenne sur le climat a proposé un ensemble de mesures pour aller vers le ZAN. Le président de la République les ayant acceptées, des lois et réglementations devraient en découler. Sont regroupées ici les propositions de la convention citoyenne sur le climat en rapprochement avec l'objectif de ZAN :

SL3.1	Définir une enveloppe restrictive du nombre d'hectares maximum pouvant être artificialisés réduisant par deux l'artificialisation des sols et rendre les PLU1 et PLU2 conformes aux SCoT3 (et non plus compatibles)
SL3.2	Interdire toute artificialisation des terres tant que des réhabilitations ou friches commerciales, artisanales ou industrielles sont possibles dans l'enveloppe urbaine existante
SL3.3	Prendre immédiatement des mesures coercitives pour stopper les aménagements de zones commerciales périurbaines très consommatrices d'espace
SL3.4	Protéger fermement et définitivement les espaces naturels, les espaces agricoles périurbains et les forêts périurbaines. S'assurer d'une gestion durable de l'ensemble des forêts privées et publiques. S'assurer de la création de ceintures maraîchères autour des pôles
SL3.5	Faciliter les changements d'usage des terrains artificialisés non occupés
SL3.6	Faciliter les réquisitions de logements et bureaux vacants
SL3.7	Faciliter les reprises et réhabilitations des friches, notamment par la possibilité pour les communes d'exproprier les friches délaissées depuis 10 ans ou plus
SL3.8	Évaluer le potentiel de réversibilité des bâtiments avant toute démolition
SL3.9	Permettre la construction d'immeubles collectifs dans les zones pavillonnaires
SL3.10	Renforcer les contrôles du respect des obligations de protection des espaces et de limitation de consommation des terres non urbanisés, sanctionner pénalement les manquements
SL3.11	Sensibiliser à l'importance et l'intérêt de la ville plus compacte, et construire une nouvelle culture de l'habitat collectif
SL3.12	Financer les rénovations des logements dans les petites communes
SL3.13	Rendre les centres plus attractifs par la revitalisation des commerces et le maintien des écoles en milieu rural

Annexe 2 – Étapes pour évaluer le besoin réel en logements sur un territoire

Étape 1 – Détermination des mailles d'étude	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identifier la maille d'analyse (la zone d'emploi est recommandée) ➤ Identifier la maille de travail (la commune est recommandée) ➤ Identifier la maille de restitution (l'EPCI est recommandée)
Étape 2 – Estimation des besoins à la maille d'analyse	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estimation des besoins en stock non satisfaits à l'instant présent (ménages vivant hors logement, ménages vivant dans un logement qui n'est pas le leur, inadéquation financière avec le logement, logement de mauvaise qualité, inadéquation physique avec le logement, besoins exprimés par les ménages situés dans le parc social) ➤ Estimation des besoins en flux – ou demande potentielle – (évolutions démographiques dont hébergement des personnes âgées, évolution du parc actuel de logement – restructuration ou destruction de logements) ➤ Synthèse des besoins en stock et en flux à un horizon de temps cible choisi pour résorber les besoins en stock, en distinguant les différents parcs de logements : logements du parc libre, logements privés à prix maîtrisé et logements sociaux
Étape 3 – Ventilation des besoins à la maille de restitution	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Définition théorique des clés de répartition au sein de l'EPCI (selon les différentes tendances démographiques par commune) ➤ Prise en compte des spécificités des communes (taux de destruction, taux de vacance, taux de résidences secondaires, taille moyenne des ménages) ➤ Déduction des clés de répartition réelles ➤ Ventilation à la maille de la commune des besoins en logements totaux ➤ Somme des besoins évalués à la maille communale pour le calcul des besoins à l'échelle de l'EPCI
Étape 4 – Traduction des besoins en objectifs de construction	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Définition de la répartition des objectifs de construction hors contrainte de capacité constructive (dispositions législatives, objectifs de construction de logements sociaux, obligations SRU, desserte en transports urbains, morphologie urbaine, vacance présumée structurelle, dynamisme économique) ➤ Définition de la répartition des objectifs de construction sous contrainte de capacité constructive (identification des parcelles cadastrales mobilisables, définition du nombre d'unités mobilisables d'une année sur l'autre et transcription des surfaces en nombre de logements potentiels)

Index des tableaux et figures

TABLEAUX

Tableau 1 : Classement des différents types d'espaces terrestres selon un gradient d'artificialisation (Source : CILB, 2020)	12
Tableau 2 : Nombre et surface d'entrepôts de plus de 5 000m ² par région en 2015 (Source : MEEM, 2017)	27
Tableau 3 : Classement des différents espaces en artificialisé (A) ou en non artificialisé (NA), selon les méthodes des fichiers fonciers, Teruti-Lucas et Corine Land Cover (Source : auteurs)	29
Tableau 4 : Caractéristiques des classes et pondérations associées de valeur potentielle de biodiversité (Source : Liénard et Clergeau, 2011)	34
Tableau 5 : Objectifs de réduction du rythme de consommation d'espace affichés dans les SRADDET, à l'horizon 2050 (Source : L'Institut Paris Région)	44
Tableau 6 : Les différents types d'action relatifs à l'évitement, la réduction et la compensation de l'artificialisation (Source : auteurs)	60
Tableau 7 : Recommandations pour limiter la dégradation des sols lors des phases chantier	92
Tableau 8 : questions soulevées par la compensation de l'artificialisation (Source : auteurs)	96
Tableau 9 : Techniques de refonctionnalisation de sols en fonction de leur niveau de dégradation (Source : auteurs)	104
Tableau 10 : Outils de financement et outils liés à la fiscalité	112

FIGURES

Figure 1 : Les dynamiques paysagères (Source : Moreau, 2019)	17
Figure 2 : Consommation annuelle d'ENAF (en ha) (Source : Fichiers fonciers retraités par le Cerema Hauts-de-France, 2019)	19
Figure 3 : Répartition par usage des ENAF nouvellement artificialisés (2006-2014) (Source : CEV, 2019, données Agreste Primeur, 2015)	19
Figure 4 : Répartition par usage des ENAF nouvellement imperméabilisés (2006-2014) (Source : CEV, 2019, données Agreste Primeur, 2015)	19
Figure 5 : Dynamique d'artificialisation des terres par unité administrative au cours de la période 2000-2006 (Source : Prokop et al., 2011)	22
Figure 6 : Part des sols artificialisés dans les pays de l'Union Européenne en 2018 (Source : Données Lucas)	23
Figure 7 : Valeurs écologiques au sein du Coefficient de biotope par surface (Source : L'Institut Paris Region). Le coefficient de biotope exprime la valeur d'un espace ou d'un aménagement pour l'écosystème par référence à celle d'un espace équivalent de pleine terre	33
Figure 8 : Système de notation de l'IQE et de l'IPE (Source : MNHN). Les notes en gras représentent la notation de l'IQE. La notation de l'IPE figure entre parenthèses lorsqu'elle diffère de celle de l'IQE.	35
Figure 9 : Identification des services écosystémiques rendus par les sols (Source : FAO, 2015)	36
Figure 10 : Surfaces agricoles régionales artificialisées entre 2000 et 2006 (Source : Service de l'Observation et des Statistiques, 2010)	38
Figure 11 : Évolution des dispositions législatives en faveur de la sobriété foncière (Source : L'Institut Paris Région)	42

Figure 12 : Articulation des documents de planification : le PLU doit être compatible avec le SCOT, qui doit lui-même être compatible avec les orientations du SRADDET (Source : L’Institut Paris Region)	43
Figure 13 : Carte de synthèse du Sraddet de la région Hauts-de-France (Source : Région Hauts-de-France, 2020)	45
Figure 14 : Extraits du Sraddet Centre-Val de Loire (Source : Région Centre-Val de Loire, 2020) ...	46
Figure 15 : Extrait du Sraddet Normandie (Source : Région Normandie, 2020)).....	47
Figure 16 : Extraits du DOO du SCot du Pays de Rennes (Source : Pays de Rennes, 2015)	49
Figure 17 : Extrait du SCoT de Roissy - Pays-de-France (Source : Roissy Pays de France, 2019)....	50
Figure 18 : Extraits du PLU de Grenoble – Alpes Métropole (Source : Établissement Public du SCoT de la grande région de Grenoble, 2012)	52
Figure 19 : Évolution de la consommation des espaces naturels et agricoles entre 1950 et 2015, extrait du PADD du PLUi de Angers Loire Métropole (Source : Angers Loire Métropole, 2017).....	53
Figure 20 : La séquence "Éviter Réduire et Compenser" appliquée à la biodiversité (adapté de MTES, 2017).....	57
Figure 21 : Scénarios illustratifs théoriques de trajectoires de consommation d'espaces NAF par le secteur de la construction (Source : CGDD, 2019).....	59
Figure 22 : Structure des surfaces à usage de transport, par type de transports (Source Teruti-Lucas)	66
Figure 23 : Extrait du rapport de France Stratégie sur l'objectif de Zéro artificialisation nette (Source : Fosse et al., 2019).....	71
Figure 24 : Gradient de densité bâtie (Source : L’Institut Paris Region)	73
Figure 25 : Différentes formes urbaines avec des emprises au sol variables pour une même densité bâtie (Source : ADEME, 2018b, d’après L’Institut Paris Region)	73
Figure 26 : Evaluation des bénéfices nets socio-économiques et environnementaux de la reconversion de friches (Source : ADEME).....	80
Figure 27 : Bloembollenhof Vijfhuizen, lotissement de maisons individuelles denses aux Pays-Bas (52 logements par hectare) (Source : Studio Woodroffe Papa)	85
Figure 28 : Projet de béguinage dans la ZAC du Centre à Cappelle-la-Grande (Nord) (Source : Yannick Vandaële, architecte, pour Flandre Opale Habitat)	86
Figure 29 : Logements intermédiaires à Sainte-Geneviève-des-Bois (environ 100 logements/hectare) (Source : Fabienne Gerin Architecte)	87
Figure 30 : Ilot haussmannien dans le 18ème arrondissement. Malgré une forte porosité vue du ciel, les espaces ouverts restent modestes et indépendants (Source : exposition « Paris Haussmann, modèle de ville », Pavillon de l’Arsenal, Lan Architecture, Franck Boult)	88
Figure 31 : Les trois âges de la ville (ilot fermé, plan libre, îlot ouvert) et l’îlot ouvert (dessins de gauche) de Christian Portzamparc (Source : Christian de Portzamparc)	88
Figure 32 : Illustration des conséquences socio-économiques et environnementales de l'imperméabilisation des sols (Source : Comité de Bassin Rhône Méditerranée, 2017)	101
Figure 33 : Les degrés de la démarche participative (Source : Réseau École et Nature et Réserves naturelles du France).....	110

Sigles et acronymes

ACV	Action cœur de ville
AdCF	Association des communautés de France
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEU2	Approche environnementale de l'urbanisme
AFB	Agence française pour la biodiversité
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
ALUR	Loi pour l'Accès au logement et un urbanisme rénové du 24 mars 2014
AMI	Appel à manifestation d'intérêt
ANAH	Agence nationale de l'habitat
ANCT	Agence nationale de la cohésion des territoires
ANR	Agence nationale de la recherche
ANRU	Agence nationale pour la rénovation urbaine
APR	Appel à projet de recherche
ARB	Agence régionale de la biodiversité
ASP	Aménagement sur place
BEI	Banque européenne d'investissement
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CAUE	Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement
CBS	Coefficient de biotope par surface
CDPENAF	Commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers
CEE	Certificats d'économie d'énergie
CEP	Convention européenne du paysage
CEREMA	Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
CES	Coefficient d'emprise au sol
CEV	Comité pour l'économie verte
CILB	Club infrastructures, linéaires et biodiversité
CGDD	Commissariat général au développement durable
CNAM	Conservatoire National des arts et métiers
CNB	Comité national de la biodiversité
COS	Coefficient d'occupation du sol
CSP	Classes socio-professionnelles



DAAC	Document d'aménagement artisanal et commercial
DGALN	Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature
DHUP	Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages
DOO	Documents d'orientation et d'objectifs
DREAL	Direction régionale de l'environnement de l'aménagement et du logement
DROM	Départements et Régions d'Outre-Mer
EFSE	Evaluation française des écosystèmes et des services écosystémiques
ELAN	La loi portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique, du 23 novembre 2018
ENAF	Espaces naturels, agricoles et forestiers
ENS	Espaces naturels sensibles
EPCI	Etablissement public de coopération intercommunale
EPF	Etablissement public foncier
ERC	Eviter, réduire, compenser
ESCO	Expertise scientifique collective
FEDER	Fonds européen de développement régional
FNE	France nature environnement
GES	Gaz à effet de serre
GEMAPI	Gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement
ICU	Ilot de chaleur urbain
IFFSTAR	Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux
IGN	Institut national de géographie
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux, et Activités
INRA	Institut national de la recherche agronomique
LIFE	Instrument financier pour l'environnement
LPO	Ligue pour la protection des oiseaux
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
MOS	Mode d'occupation du sol
MTE	Ministère de la transition écologique
NCFF	Mécanisme de financement du capital naturel (NCFF pour Natural Capital Financing Facility)
NOTRe	Loi portant nouvelle organisation territoriale de la République du 7 aout 2015
OAP	Orientations d'aménagement et de programmation
OCS GE	Occupation du sol à grande échelle
OENAF	Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers
ORT	Opération de revitalisation territoriale
PADD	Projet d'aménagement et de développement durable
PAEN	Périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains
PCAET	Plan climat-air-énergie territorial
PIG	Projet d'intérêt général
PLU(i)	Plan local d'urbanisme (intercommunal)



PNACC	Plan national d'adaptation au changement climatique
PNR	Parc naturel régional
PO	Programme opérationnel
POS	Plan d'occupation des sols
PPRI	Plan de prévention du risque inondation
PUCA	Plan Urbanisme Construction Architecture
QPV	Quartiers prioritaires de la politique de la ville
RGE ©	Reconnu garant de l'environnement (label)
RPG	Registre parcellaire graphique
SAFER	Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural
SAGE	Schéma d'aménagement et de gestion de l'eau
SAU	Superficie agricole utile
SCOT	Schéma de cohérence écologique
SDAGE	Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux
SHON	Surface hors œuvre nette
SNC	Sites naturels de compensation
SRADDET	Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires
SRCE	Schéma régional de cohérence écologique
SRU	La loi relative à la solidarité et au renouvellement urbains, dite loi SRU, du 13 décembre 2000
TASCOM	Taxe sur les surfaces commerciales
THLV	Taxe d'habitation sur les logements vacants
TLV	Taxe sur les logements vacants
TVB	Trame verte et bleue
UNEP	Union nationale des entreprises du paysage
ZAN	Zéro artificialisation nette
ZAP	Zones agricoles protégées
ZICO	Zone importante pour la conservation des oiseaux
ZNIEFF	Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique



L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, alimentation, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME

FAITS ET CHIFFRES



L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.

CLÉS POUR AGIR



L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.

ILS L'ONT FAIT



L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.

EXPERTISES



L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard

HORIZONS



L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.



EXPERTISES

OBJECTIF « ZERO ARTIFICIALISATION NETTE » (ZAN) ET CONTRIBUTION DE L'ADEME : ETAT DE L'ART ANALYTIQUE

L'objectif de Zéro artificialisation nette (ZAN), inscrit pour la première fois dans le Plan Biodiversité de juillet 2018, prend de plus en plus d'importance dans les débats actuels et les politiques publiques. Il figure dans le projet de loi portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, issu des travaux des 150 citoyens de la Convention Citoyenne pour le Climat.

Au regard de la montée en puissance du sujet, l'ADEME a souhaité poursuivre cette dynamique pour renforcer son action en faveur de la lutte contre l'artificialisation, à plusieurs échelles, en complémentarité et articulation avec les acteurs clés du sujet. À cet égard, l'ADEME a lancé l'étude « Objectif « zéro artificialisation nette » (ZAN) et contribution de l'ADEME : état de l'art, ressources et plan d'actions ».

Le présent document est un état de l'art analytique et contextualisé de l'objectif de ZAN. Il comprend une analyse des travaux existants et en cours portant sur la définition, les enjeux, les pistes d'actions et les moyens mis en œuvre pour concourir à l'atteinte de l'objectif ZAN. Ces enjeux sont présentés sous la forme d'actions pour éviter, réduire puis compenser (ERC) les impacts de l'artificialisation sur les sols et la biodiversité.

*Quelle définition de
l'artificialisation des sols ?*

*Que veut dire « Zéro
Artificialisation Nette » (ZAN) ?*

*Quels sont les leviers d'atteinte de
l'objectif ZAN dans nos territoires ?*

*Comment mettre en œuvre la
séquence « Eviter-Réduire-
Compenser » dans un objectif de
ZAN ?*

