

The title is presented on two overlapping rectangular backgrounds. The top rectangle is red and contains the text 'La Fabrique'. The bottom rectangle is blue and contains the text 'de la Cité'.

La Fabrique

de la Cité

Fresque de l'artificialisation

Guide d'autoformation

Table des matières

Contenu	4
Introduction : principes et sources.....	4
Principes et structure	4
Sources et positionnement.....	5
Le matériel pour l'animation	7
Rappels sur la définition légale de l'artificialisation des sols.....	8
Fonction biologique.....	9
Fonction climatique.....	9
Fonction hydrique	9
Fonction agronomique	10
Causes et conséquences	10
Mécanismes et ordres de grandeur essentiels.....	10
Approfondissement sectoriel	14
Vers des conséquences à l'échelle humaine	18
Solutions et perspectives.....	20
Profils-types	20
Solutions et perspectives d'action individuelles	21
Solutions et perspectives d'action pour la puissance publique	23
Bibliographie	28
Ouvrages imprimés.....	28
Ouvrages électroniques.....	28
Rapports imprimés	28
Articles de périodiques imprimés	28
Articles de périodiques électroniques	29
Sites web consultés	29

Textes ou projets de loi.....**Erreur ! Signet non défini.**

Contenu

Introduction : principes et sources

Principes et structure

La *Fresque de l'artificialisation* encourage la diffusion rapide et à grande échelle d'une compréhension partagée des enjeux relatifs à l'artificialisation des sols. Il s'agit d'un « *jeu sérieux* » créé par La Fabrique de la Cité en 2022 dans la lignée de *La Fresque du Climat*.

L'artificialisation des sols est au cœur de phénomènes complexes et souvent consubstantiels à nombre d'activités humaines : habitat, transport, industrie, loisirs... L'objectif de la *Fresque de l'artificialisation* est donc de tisser dans leur complexité les liens, notamment de causalité, qui unissent les différents phénomènes pertinents : plus précisément, il s'agit de représenter les liens de causes et de conséquences entre différentes cartes. Nous fournissons en annexe la disposition graphique « de référence » du jeu, qui n'est malheureusement pas à jour de la refonte des cartes opérée récemment, mais demeure suffisamment pertinente pour qu'on la mette à disposition.

Le déroulement du jeu suit un principe relativement simple : les cartes sont réparties en 7 lots, qui constituent autant d'étapes de jeu d'une quinzaine de minutes environ, durant lesquelles les participants devinent, lisent et échangent les cartes puis en discutent entre eux et avec l'animateur. Les 3 premiers lots couvrent les principales **causes** et **conséquences** de l'artificialisation des sols, ainsi qu'un certain nombre de **phénomènes** dont la catégorisation serait plutôt « **contexte** » ou « **cadre** » d'artificialisation des sols, au sens où ils occasionnent cette artificialisation mais n'en sont pas la cause véritable d'un point de vue économique et social. Les causes sont ici en quelque sorte des catégories de destination des sols impliquant un certain degré d'artificialisation. Dans une première version, les cartes « **contexte** » avaient été catégorisées comme « processus », mais ce statut ne convenait pas vraiment : la manière définitive d'y faire référence est encore à déterminer et fait l'objet de discussions, même si la *Fresque du Climat* ne distingue par exemple que des causes et conséquences, sans troisième catégorie. Ces 3 lots organisent ces causes et conséquences suivant plusieurs logiques : des plus directes aux plus indirectes, des plus évidentes aux moins évidentes notamment. Le quatrième lot couvre la **définition légale** de l'artificialisation suivant la loi Climat et résilience 2021. Le cinquième lot présente quant à lui des **profils-types de particuliers ou collectivités** dont le rapport à l'artificialisation des sols mérite que l'on s'attarde dessus. Enfin, les 2

derniers lots présentent des **solutions et pistes de gestion** des causes et effets de l'artificialisation des sols, à un niveau individuel dans un premier temps, à un niveau collectif voire étatique dans un second.

Sources et positionnement

Le jeu se fonde sur :

- Plusieurs sources scientifiques
- Le cadre légal et réglementaire issu de la loi Climat et résilience
- Des retours d'expériences de terrains concernant le lot « solution ».

Les sources scientifiques

Les éléments centraux proviennent en règle générale, sauf mention explicite d'une source tierce, des travaux de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRAE), de l'Agence de la transition écologique (ADEME), du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) et du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

Plusieurs études sur l'utilisation des sols en France ont été essentielles dans la fabrication de la *Fresque*. Les trois principales sont les suivantes :

- *L'étude CORINE Land Cover* : cette étude se fonde sur des données d'origine satellitaire, d'une résolution de 25 hectares environ, analysées au prisme d'une nomenclature dédiée sur l'occupation biophysique et l'utilisation des sols. Certaines routes ou habitations peuvent ne pas être couvertes, notamment dans les territoires isolés. L'étude est menée à l'échelle européenne.
- *L'enquête Teruti-Lucas* : enquête réalisée par Agreste, service statistique du ministère de l'Agriculture, elle se fonde sur une définition de l'artificialisation plus large et considère notamment comme artificialisé tout terrain bâti ou hôte d'infrastructures, et même tout terrain non-bâti considéré comme urbain.
- *Les fichiers fonciers* : mis à jour chaque année par le Cerema, les fichiers fonciers mettent en avant les données cadastrales issues des déclarations des propriétaires fonciers. Les chiffres issus de cette source se fondent donc sur la consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers (ENAF).

Du fait de la coexistence de 3 sources principales pour les chiffres essentiels sur l'artificialisation des sols en France, une certaine variabilité peut apparaître au fil des cartes. Typiquement, les chiffres de l'étude CORINE Land Cover auront tendance à sous-évaluer légèrement le phénomène, ceux de l'enquête Teruti-Lucas à le surévaluer. La valeur réelle se trouve systématiquement dans l'intervalle défini par les deux sources. Les chiffres sectoriels avancés (part d'un certain type d'utilisation des sols dans l'ensemble des terrains artificialisés par exemple) sont systématiquement issus de l'enquête Teruti-Lucas (2014) suivant la nomenclature définie dans celle-ci.

La Fresque a reçu le parrainage de Marc-André Selosse, gage de son sérieux. Ci-après sa biographie : né le 29 mars 1968 à Paris, Marc-André Selosse est un biologiste français spécialisé en botanique et mycologie. Il a travaillé sur la symbiose, en particulier dans les domaines de l'évolution et de l'écologie. Associé notamment au Muséum national d'histoire naturelle, il a effectué et effectue encore à ce jour un travail de vulgarisation scientifique conséquent, tant par la formation d'enseignants du secondaire et la préparation d'aspirants à l'agrégation de sciences de la vie et de sciences de la Terre que par la participation à la rédaction de programmes scolaires, à la création de documentaires ou ouvrages, ou à l'animation de conférences et émissions à la radio ou la télévision.

Cadre légal et réglementaire

La Fresque de l'artificialisation des sols s'inscrit dans le cadre légal et réglementaire de la loi dite « Climat et résilience » 2021, d'où proviennent à la fois la définition de l'artificialisation des sols dans le droit français et l'objectif Zéro Artificialisation Nette 2050. À ce titre, le caractère évolutif du jeu, et plus largement des discours sur l'artificialisation, n'est pas négligeable : la définition du phénomène et les obligations légales à l'horizon 2050 font régulièrement l'objet de débats entre scientifiques, parlementaires, gouvernement, élus locaux et particuliers depuis la promulgation du texte. Une certaine démarche d'amélioration continue caractérise ainsi le jeu.

Les retours d'expériences pour le lot solution

Enfin, le dernier lot « solution » s'appuie plutôt sur des retours d'expériences de terrain.

Historique du projet et structure de la fresque

> Expliquer le principe d'organisation des lots de cartes : les cartes sont réparties en 7 lots. Les 3 premiers lots couvrent les principales **causes** et **conséquences** de l'artificialisation des sols, ainsi qu'un certain nombre de **phénomènes** dont la catégorisation serait plutôt « **contexte** » ou « **cadre** » d'artificialisation des sols, au sens où ils occasionnent cette artificialisation mais n'en sont pas la cause véritable d'un point de vue

économique et social. Les causes sont ici en quelque sorte des catégories de destination des sols impliquant un certain degré d'artificialisation. Dans une première version, les cartes « **contexte** » avaient été catégorisées comme « processus », mais ce statut ne convenait pas vraiment : la manière définitive d'y faire référence est encore à déterminer et fait l'objet de discussions, même si la *Fresque du Climat* ne distingue par exemple que des causes et conséquences, sans 3^{ème} catégorie. Le 4^{ème} lot couvre la **définition légale** de l'artificialisation suivant la loi Climat et résilience 2021. Le 5^{ème} lot présente quant à lui des **profils-types de particuliers ou collectivités** dont le rapport à l'artificialisation des sols mérite que l'on s'attarde dessus. Enfin, les 2 derniers lots présentent des **solutions et pistes de gestion** des causes et effets de l'artificialisation des sols, à un niveau individuel dans un premier temps, à un niveau collectif voire étatique dans un second.

>La répartition progressive des cartes dans les 3 premiers lots suit une certaine logique, ou plutôt plusieurs logiques : causes et conséquences sont classées des plus directes aux plus indirectes, des plus évidentes aux moins évidentes notamment. (Du côté des **causes**, l'idée est d'aller dans le sens décroissant de la part de responsabilité. Du côté des **processus**, *la progression et même l'adéquation de la notion elle-même méritent une discussion*. Enfin, du côté des **conséquences**, l'idée est de raisonner en parcourant celles-ci de la plus directe à la plus indirecte, dans le temps notamment, en terminant dans le lot 3 par les conséquences humaines – économiques entre autres).^[1]

Le matériel pour l'animation

En plus des cartes, il faut :

- Des tables
- Du papier
- Des crayons de papier ou des criteriums
- Des gommes
- Des feutres

Tables

Une ou plusieurs tables collées ensemble formant une surface assez grande pour accueillir la Fresque (environ 1m sur 2m) et autour de laquelle les joueurs peuvent facilement se déplacer. Il est recommandé d'enlever toute chaise pour que les joueurs ne soient pas gênés et restent actifs. Lors de l'organisation de l'atelier, prévenez l'organisme d'accueil et assurez-vous bien qu'il y ait des tables à disposition le jour-même (par exemple dans un établissement scolaire, assurez-vous d'être dans des salles de classes ou gymnase aménagé, et non dans un amphithéâtre).

Choix du papier

Celui-ci doit être assez grand pour contenir la fresque, mais pas trop pour pouvoir être logé sur une table.

Voici quelques références recommandées dont vous pouvez trouver des équivalents :

- Papier blanc Clairefontaine 90g pour traceur (0.914m x 45m)

- (+) solide et épais, possibilité de dessiner sur les deux côtés. Bien dans un cadre professionnel et pour dessiner dessus.
- (-) papier de qualité, neuf, blanchi, à fort impact environnemental.

- Papier recyclé brun (1.2 x 100m) :

- (+) papier recyclé à l'impact environnemental faible. Esthétique originale et cohérente avec le message de l'atelier
- (-) fin et fragile, ne permet pas de dessiner des deux côtés. Couleur naturelle marron limitant l'aspect créatif (feutres forts)

- Tableau rouleau blanc, effaçable et adhésif BIC 200x 100cm :

- (+) réutilisable à l'infini. Feutres effaçables permet aux joueurs de facilement modifier leurs flèches et repositionner les cartes.
- (-) Investissement de départ. Obligation d'avoir des feutres effaçables. Doit-être récupéré : les joueurs ne peuvent pas garder leur fresque ou l'afficher.

Crayons de papier ou criteriums

Ils vont servir pour faire les flèches au début, quand toutes les cartes ne sont pas encore placées et qu'il faut encore les bouger.

Gommes

Dans un premier temps, il faut repositionner les cartes alors qu'on a commencé à dessiner les flèches. La gomme est alors très utile. Une vraie gomme est mieux que celle du critérium ou du crayon de papier. Ne pas hésiter à la couper en deux, ça en fait plus.

Feutres

C'est un vrai investissement : choisissez des feutres avec des grosses mines pour que ça aille plus vite de faire les flèches.

Rappels sur la définition légale de l'artificialisation des sols

Pour la clarté et la logique de cette documentation, nous ne suivons pas parfaitement le déroulement de la *Fresque* présenté dans le guide de l'animateur : plutôt que de présenter la [définition légale de l'artificialisation des sols](#) après avoir détaillé ses **causes** et **conséquences**, comme une conclusion logique, nous la plaçons ici au début de l'argumentation pour qu'elle éclaire la suite.

Comme indiqué plus tôt, la [définition légale de l'artificialisation des sols](#), qui fait aujourd'hui foi malgré les débats qui l'entourent, se trouve dans la loi Climat et résilience de 2021. Plus précisément, à l'article 192, il est affirmé que l'artificialisation est *"l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage."* C'est donc à travers 4 « fonctions » écologiques que l'artificialisation des sols est définie : dès lors que l'une d'elles est altérée de manière conséquente et durable, la parcelle concernée est considérée comme artificialisée. Il importe de noter que parmi ces 4 « fonctions », en pratique, les 3 premières (biologique, hydrique et climatique) ne sont pas anthropocentrées, tandis que la quatrième (le potentiel agronomique) correspond en fait à une forme de « service rendu par la nature », lui anthropocentré.

Dans le détail, les 4 fonctions des sols fondant la [définition de l'artificialisation](#) recouvrent des propriétés assez complexes.

Fonction biologique

Les sols abritent en général à la fois une faune et une flore conséquentes. Les espèces présentes dans un sol donné peuvent parfois se compter en milliers, voire dizaine de milliers (animaux, champignons, bactéries... – INRA-IFSTAR, 2017). Si la surface des sols est également support de biomasse, c'est en leur sein que la plus grande biodiversité est présente : près d'un quart de la biodiversité totale de la planète se trouverait ainsi dans les sols.

Fonction climatique

Les sols constituent le deuxième plus gros stock de carbone sur terre après les océans. Ce sont surtout les 30 premiers centimètres des sols qui remplissent cette fonction, étant riches en matière organique : leur bilan captation-émission positif en fait des puits de carbone naturels (ADEME, 2016).

Fonction hydrique

Les sols constituent un point de passage important des flux hydriques dans le cadre du cycle de l'eau. Réceptacles naturels des précipitations, ils répartissent leurs apports entre deux voies : une

première dans leurs couches supérieures, réserves utiles pour la végétation, une seconde dans les nappes phréatiques, réserves d'eau douce.

Fonction agronomique

Défini comme le potentiel global d'utilisation d'un sol à long et très long terme pour des usages agricoles, le potentiel agronomique constitue un « service écosystémique » rendu par la nature, et non pas une fonction à proprement parler.

Causes et conséquences

Nous poursuivons à présent en suivant la trame des 3 premiers lots de la *Fresque*, qui permettent de rendre compte des principales **causes** et **conséquences** de l'artificialisation des sols, ainsi que de certains **phénomènes** dont la classification est encore un sujet de débat, comme indiqué plus haut.

Mécanismes et ordres de grandeur essentiels

Le premier lot, comme son nom l'indique, met en avant les mécanismes et ordres de grandeur essentiels du phénomène d'artificialisation des sols. Il se compose de 7 cartes : *Habitat, Infrastructures de transport, Infrastructures industrielles, Infrastructures de loisir et de service, Urbanisation, Perte de biodiversité, Déstockage de carbone*. Néanmoins, trois points importants ne donnent pas lieu à des cartes à part entière mais plutôt à une mention à l'oral à titre introductif, en règle générale.

Tout d'abord, la mesure de l'impact environnemental d'un mode de vie suppose de : 1) mesurer cet impact par habitant ; 2) effectuer une comparaison internationale pour situer la France par rapport aux autres pays. En la matière, la France est le pays où la surface artificialisée par habitant est la plus élevée d'Europe, d'après le panel réalisé par France Stratégie (2019) sur le sujet : environ 47 km² pour 100 000 habitants – soit 470 m² par habitant – contre 41 km² en Allemagne, et 30 km² ou moins dans le reste de l'Europe de l'Ouest (Royaume-Uni, Pays-Bas, Espagne, Italie). Néanmoins, le taux d'artificialisation de son territoire est de l'ordre de 5,5%, d'après l'étude CORINE Land Cover, contre 9,4% en Allemagne et 13,4% aux Pays-Bas mais 2,7% en Espagne par exemple. Le tableau synthétique complet se présente comme suit :

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

Source : Fosse, 2019

Figure 1 – Chiffres-clés de l'artificialisation des sols, Europe de l'Ouest (*France Stratégie*, 2019)

Deuxièmement, l'artificialisation des sols progresse à un rythme conséquent en France : sur la décennie 2006-2015, l'augmentation du taux d'artificialisation du territoire a été de l'ordre d'un point de pourcentage environ, de 8,3% à 9,4% (ordres de grandeur rapportés notamment dans *Le Monde*, 13 mars 2019, vraisemblablement sur la base de l'enquête Teruti-Lucas 2014). À titre de comparaison, il est souvent rappelé que cela correspond à la superficie d'un département de taille moyenne, comme la Seine-et-Marne par exemple : ce chiffre est régulièrement évoqué dans le débat public pour apporter une image évocatrice. Entre 20 000 et 30 000 hectares seraient ainsi artificialisés chaque année en France depuis 2010, avec une tendance à la baisse.

Enfin, on observe un découplage entre croissance de l'artificialisation et dynamique démographique et économique : sur la base des sources statistiques présentées plus haut, au cours de la décennie 2006-2015 par exemple, les surfaces artificialisées en France ont augmenté de 13%, contre une croissance démographique de tout juste 5% et économique (PIB) d'environ 6%. Dans une quarantaine de départements, sur cette même période, l'artificialisation aurait progressé plus de quatre fois plus vite que la taille de la population (ordres de grandeur rapportés notamment dans *Le Monde*, 13 mars 2019). Les évolutions démographiques ne sauraient donc constituer une variable explicative suffisante en première analyse ; néanmoins, la possibilité de dépendances fortes mais non linéaires est rarement évoquée, à notre connaissance.

Habitat

Fait notable bien qu'attendu, l'habitat constitue la première cause d'artificialisation des sols en France. Il importe néanmoins de distinguer stocks et flux dans la description des ordres de

grandeur : en 2014, l'habitat représentait ainsi environ 42% des surfaces artificialisées (stock), tandis qu'entre 2009 et 2019, 68% des terres nouvellement artificialisées l'ont été au titre de l'habitat (flux). C'est ce deuxième chiffre qui soulève le plus de questions, au vu des débats sur la croissance démographique présentés plus haut, et des disparités entre offre et demande de logements régulièrement mentionnées dans le débat public (voir par exemple *Le Monde*, 8 février 2022, ou le rapport 2023 de la Fondation Abbé-Pierre sur le mal-logement). En outre, se cache derrière cette catégorie une hypothèse légale complexe et sujette à débat : les jardins des maisons individuelles sont, en l'état actuel du droit, systématiquement comptabilisés comme surfaces artificialisées. Le bien-fondé de cette disposition légale ne fait cependant pas l'unanimité : en particulier, la proposition de loi Blanc-Létard en cours d'examen au Sénat en mars 2023 prévoit de revenir sur ce parti-pris. Il est cependant défendable que les jardins pavillonnaires standardisés, faute d'une attention spécifique à la mise en place de bonnes pratiques, puissent constituer des entraves à la biodiversité, à la circulation hydrique et à la capture de carbone (Flégeau, 2020). Il existe de plus un argument statistique et administratif fort en faveur de cette disposition : la comptabilité nationale et même souvent locale ne peut a priori que difficilement descendre à une échelle inférieure à celle de la parcelle pour réaliser ses études et recensements. Mais pour autant, le levier que pourraient constituer ces jardins dans l'atténuation et la lutte contre les conséquences de l'artificialisation des sols – nous y revenons dans les lots de solutions – plaide pour un traitement plus fin de ces espaces, ne serait-ce que pour ouvrir la possibilité d'incitations pour les citoyens à s'investir dans la mise en valeur de leurs jardins, chose presque impensable si toute amélioration qualitative est systématiquement ignorée du point de vue quantitatif ensuite.

Infrastructures de transport

Les infrastructures de transport, qu'elles soient terrestres, aériennes ou maritimes, constituent la deuxième cause d'artificialisation en France. Autoroutes, aéroports et ports représentaient ainsi en 2014 environ 28% des surfaces artificialisées (stock). La question de la signification des flux se pose d'une manière différente pour ce type d'utilisation des sols, puisque la relation entre surfaces nécessaires et démographie n'est pas toujours aussi intuitive que pour l'habitat, et dépend bien souvent du mode de transport envisagé. Apparaissent dès lors les notions d'investissements en surface fixes, par rapport à des investissements variables (voire proportionnels) : sans rentrer dans les détails, là où l'habitat met un poids important sur les seconds, les infrastructures de transport pourraient tendre à relever plutôt des premiers.

Infrastructures industrielles

Les infrastructures industrielles représentent 4,2% des surfaces artificialisées en France en 2014 (stock). Dans la catégorisation faite par l'enquête Teruti-Lucas, elles regroupent le patrimoine bâti, les ouvrages d'art et équipements permettant l'activité industrielle, mais ne concernent que le secteur secondaire : les bureaux affectés à des activités du secteur tertiaire et non secondaire figurent ainsi sur la carte qui suit.

Infrastructures de loisirs et de services

Ces infrastructures regroupent tout le patrimoine bâti et les équipements sportifs, de loisirs, de services (publics et privés), ainsi que les espaces verts. Il est important de noter à ce titre que les espaces verts (parcs et jardins publics notamment) sont comptabilisés comme surfaces artificialisées, et ne font pas partie des Espaces Naturels, Agricoles ou Forestiers (ENAF) qui eux ne le sont pas. De la même manière que pour les jardins privés, ce statut ne fait pas l'unanimité auprès des élus locaux¹, d'autant plus que les espaces verts constituent un levier essentiel d'atténuation des effets négatifs de l'artificialisation pour les collectivités territoriales à haute densité, cette dernière caractéristique constituant elle-même un élément de lutte contre l'artificialisation excessive – nous reviendrons sur ces points dans la sous-partie qui suit. En 2014, les infrastructures de loisirs et de services représentaient 16,2% des surfaces artificialisées en France (stock).

Urbanisation

Le processus d'urbanisation recouvre deux phénomènes : le premier, démographique, est la croissance de la population urbaine, le second, spatial, l'extension des villes. L'urbanisation, difficile à classer comme cause pure de l'artificialisation des sols, constitue un « cadre » ou « contexte » plus large à l'occasion duquel nombre de surfaces sont artificialisées, et nombre de sols changent d'affectation. Il est cependant difficile et peut-être illusoire de chercher à quantifier précisément les flux de surfaces artificialisées liés à l'urbanisation, ce dernier processus étant éminemment enchâssé dans nombre d'activités humaines, comme précisé dans l'introduction de cette partie. Il est plus raisonnable de viser un chiffrage par catégorie de destination, comme opéré par l'enquête Teruti-Lucas (2014) citée précédemment et utilisée tout au long du jeu : habitat, industrie, agriculture, loisirs...

Perte de biodiversité

¹ Citer prop. AMF sur décision locale du statut artificialisé ou non.

Parmi les **conséquences** immédiates et essentielles de l'artificialisation des sols, on trouve l'érosion de la biodiversité. C'est pour l'essentiel par le biais de la destruction d'habitats naturels, de la contamination des milieux, et de la fragmentation des espaces que l'artificialisation des sols menace la biodiversité. Le World Wide Fund for Nature (WWF) estime, dans son avant-dernier rapport *Living Planet* (2020), qu'environ 50% des espèces menacées dans le monde le sont en premier lieu par l'artificialisation des sols terrestres et marins². Cette artificialisation constitue donc la première menace pesant sur la biodiversité dans le monde, devant d'autres comme la surexploitation des espèces (chasse ou pêche – 24%), les maladies ou la présence d'espèces invasives (13%), la pollution (7%) ou le réchauffement climatique (6%). Toutefois, la biodiversité demeure une qualité délicate à quantifier, et dans le cadre de l'artificialisation des sols, des débats autour de sa définition et de sa mesure sont susceptibles de resurgir : équilibre dynamique, le maintien de la biodiversité consiste plus en la préservation de conditions de diversification du vivant qu'en celle d'un ensemble ou nombre donné et figé d'espèces et d'individus. Certaines dynamiques d'évolution de populations au sein de certaines espèces ou groupes d'espèces peuvent ainsi être délicates à interpréter.

Déstockage de carbone

À l'échelle planétaire, les sols assurent le stockage de deux fois plus de carbone que l'atmosphère ; en France, ce sont 3 à 4 milliards de tonnes de carbone qui sont stockées dans les 30 premiers centimètres du sol (ADEME, 2016). Le pendant naturel de cette capacité de stockage conséquente est toutefois un potentiel de déstockage tout aussi important : tout changement d'affectation d'un sol donné est susceptible d'occasionner le déstockage d'une part non négligeable du carbone qu'il contient, et son passage dans l'atmosphère. Plus précisément, l'ADEME insiste sur les échelles de temps mises en jeu : « Pendant les vingt premières années suivant un changement d'affectation des sols, le déstockage est deux fois plus rapide que le stockage. Au bout de plusieurs décennies voire plus d'un siècle, un stockage peut compenser un déstockage ».

Approfondissement sectoriel

Le deuxième lot de cartes permet, comme son nom l'indique, un certain approfondissement sectoriel, et l'évocation de causes, conséquences et phénomènes légèrement moins directs et intuitifs bien qu'importants. Il comporte 11 cartes : *Infrastructures agricoles*, *Infrastructures sylvicoles*,

² Plus précisément, la catégorie utilisée par le WWF est « les changements d'utilisation des sols terrestres et marins [...], y compris la dégradation et la perte d'habitats ».

Émiettement urbain, Étalement urbain, Imperméabilisation, Agriculture intensive, Appauvrissement des sols, Déforestation, Ruissellement, Baisse des rendements agricoles, Baisse des ressources en eau.

Infrastructures agricoles

Dans la nomenclature de l'enquête Teruti-Lucas (2014), la catégorie des infrastructures agricoles regroupe tous les équipements permettant l'activité agricole – entrepôts, zones de stockage, plateformes de compostage, entre autres. Cette catégorie représentait environ 8,3% des surfaces artificialisées en France en 2014 (stock). Ces infrastructures doivent être distinguées des surfaces agricoles elles-mêmes, considérées comme non artificialisées – point sur lequel nous reviendrons par la suite.

Infrastructures sylvicoles

La catégorie des infrastructures sylvicoles regroupe l'ensemble des infrastructures qui permettent l'activité sylvicole, c'est-à-dire, entre autres, les routes forestières, pistes, fossés, ponts, et les emplacements de dépôt du bois. Cette catégorie représentait en 2014 environ 1,2% des surfaces artificialisées en France (stock). De même que pour les infrastructures agricoles, les terrains liés à la sylviculture eux-mêmes n'entrent pas dans ce compte.

Émiettement urbain

L'émiettement urbain (également appelé « mitage » parfois) désigne un processus d'expansion discontinue de l'urbanisation : il recouvre des phénomènes comme l'implantation de zones d'habitat ou d'activité dans des espaces ruraux, à l'écart du tissu urbain existant. Comme l'étalement urbain, il constitue une forme particulière d'urbanisation.

Étalement urbain

L'étalement urbain désigne un processus double d'augmentation de la superficie d'une ville d'une part, et de diminution de sa densité de population d'autre part : à ce titre, c'est une des manifestations proprement spatiales du phénomène plus général de périurbanisation. Il importe de souligner ce qui le différencie de l'émiettement urbain susmentionné : l'étalement urbain procède le plus souvent par expansion concentrique, dans la continuité du tissu urbain existant, ou se propage le long des axes de transport existants. Une question émerge assez rapidement de la comparaison de ces deux phénomènes : l'émiettement est-il plus « grave » en termes d'artificialisation ? Si la définition même du terme de « grave » pour un processus aussi complexe

que l'artificialisation pose un obstacle conséquent à toute réponse satisfaisante, il est au moins raisonnable d'affirmer que l'émiettement est plus coûteux pour la puissance publique à égalité de surface nouvellement artificialisée, du fait de l'extension brutale des réseaux d'assainissement, d'eau, d'électricité et de télécommunications qu'il impose notamment.

Imperméabilisation

L'imperméabilisation d'un sol consiste en le recouvrement permanent de celui-ci par un matériau artificiel imperméable, comme l'asphalte ou le béton. Bien que tout sol artificialisé ne soit pas nécessairement imperméabilisé, ce processus est très souvent associé de manière intuitive à l'artificialisation, à juste titre : l'imperméabilisation constitue sans doute l'un des principaux dangers pour l'environnement dans le cadre de l'artificialisation des sols. De fait, elle perturbe hautement le cycle hydrique du sol concerné, met en péril la biodiversité qu'il abrite et contribue à une augmentation de la température ambiante à la surface, fonction du taux d'imperméabilisation exact.

Agriculture intensive

L'agriculture intensive est un système de production agricole fondé sur l'optimisation de la productivité agricole, définie comme le rapport de la production agricole aux facteurs de production employés, notamment les surfaces. Alors que l'on pourrait éventuellement mentionner l'économie de surfaces que ce système permet théoriquement de réaliser, ses pratiques – usages d'intrants, maximisation de la production, généralisation de la monoculture notamment – contribuent à accélérer la dégradation des sols, surtout sur le plan biologique. Mais, fait important, les sols dédiés à l'agriculture intensive ne sont à l'heure actuelle pas considérés comme artificialisés : combinée au statut des espaces verts et jardins privés, cette niche légale pourrait constituer l'un des sujets les plus polémiques du débat public sur le sujet de l'artificialisation des sols. De fait, on pourrait arguer que le « potentiel agronomique » des sols est ici menacé à moyen ou long terme d'altération durable. Les pratiques d'agriculture intensive ouvrent aussi de manière connexe la voie à des discussions plus larges sur la dégradation des sols hors artificialisation.

Appauvrissement des sols

L'appauvrissement d'un sol désigne la perte de matière organique de celui-ci, phénomène concernant principalement les 30 premiers centimètres du sol. Les conséquences de cet appauvrissement s'étalent sur une longue échelle de temps : parmi les principales, on trouve notamment la diminution des rendements agricoles, et la baisse très conséquente de la teneur en

vitamines et oligoéléments des aliments issus des sols appauvris. On estime aujourd'hui que depuis 1950, le taux de matière organique des sols européens a été divisé par deux (Bourguignon, 2015). L'artificialisation n'est pas la seule responsable de l'appauvrissement des sols : l'agriculture intensive y contribue aussi, ce qui tend à raviver les interrogations existantes sur le statut des sols qui y sont dédiés.

Déforestation

La déforestation constitue, à l'échelle mondiale, la première source de perte d'habitats naturels : ainsi, environ 290 millions d'hectares de couverture forestière ont disparu dans le monde entre 1990 et 2015 du fait du déboisement et de la coupe de bois (IPBES, 2019). Il importe d'ajouter que la déforestation provoque également un déstockage de carbone important. Néanmoins, le cas de la France fait figure d'exception : depuis 1827 et l'adoption d'un Code forestier ambitieux, la dynamique forestière française est davantage du côté de la reforestation. De fait, plutôt qu'au détriment des forêts, c'est à celui des surfaces agricoles que l'artificialisation des sols se fait en France, en règle générale. Néanmoins, la France, et plus largement l'Union Européenne, participent à une déforestation dite « importée » à travers leurs relations commerciales : selon le WWF, l'Union Européenne est à l'origine de 16 % de la déforestation tropicale associée au commerce international, ce qui en fait le deuxième plus grand importateur de déforestation tropicale dans le monde, derrière la Chine. Par ce phénomène notamment, la question de la préservation et de l'artificialisation des sols revêt une dimension internationale.

Ruissellement

On qualifie de ruissellement l'écoulement des eaux à la surface des sols. L'imperméabilisation desdits sols amplifie nettement ce phénomène, et accroît par conséquent les risques d'inondations dites « par ruissellement », inondations due à l'impossibilité pour les eaux de pluie de s'infiltrer correctement dans le sol.

Baisse des rendements agricoles

Comme indiqué précédemment, l'artificialisation des sols progresse majoritairement au détriment des surfaces agricoles en France : entre 1999 et 2012, environ 50 000 hectares de terres agricoles ont été perdues (CORINE Land Cover). Mais au-delà de ces considérations de volume, des pertes en termes de rendement peuvent être attribuées pour partie à l'artificialisation des sols : par l'amplification des phénomènes de ruissellement par exemple, l'artificialisation contribue aux

pertes de matières organiques des sols. Il n'est enfin pas inutile de rappeler que sur le long terme, l'agriculture intensive participe aussi à la diminution des rendements agricoles par l'épuisement des sols : le classement des terrains qui lui sont dévolus hors des surfaces artificialisées fait dès lors débat, eu notamment égard à la notion de potentiel agronomique.

Baisse des ressources en eau douce

L'imperméabilisation des sols et l'amplification du phénomène de ruissellement qui en découle favorisent une baisse de la capacité d'infiltration de l'eau dans les sols. Deux types de sécheresse sont dès lors plus probables qu'en l'absence d'artificialisation : les sécheresses phréatiques – baisse des réserves d'eau au sein des nappes phréatiques – et les sécheresses agricoles – baisse des réserves d'eau dans les premières couches du sol.

Vers des conséquences à l'échelle humaine

L'objectif de ce dernier lot est de souligner que les conséquences de l'artificialisation des sols ne sont pas uniquement environnementales, mais peuvent aller jusqu'à toucher des domaines éminemment humains comme ceux de l'économie ou de la santé publique. Le lot comporte 5 cartes : *Surcoût économique, Perte de dynamisme des centres, Îlot de chaleur urbain, Décapage, Inondations.*

Surcoût économique

Un surcoût économique non négligeable, pour les particuliers comme pour la puissance publique, peut être associé à l'artificialisation des sols à travers des phénomènes de périurbanisation comme l'étalement ou l'émiettement urbains. Plus précisément, ce surcoût résulte de la combinaison de décisions de court et de long terme. À court terme, des ménages peuvent prendre la décision de s'installer plus loin des centres-villes pour limiter le coût de leur logement, dans une démarche de compromis vis-à-vis de l'augmentation du temps et des dépenses de transport. Suivant la qualité de leurs décisions de compromis et la conjoncture locale, un surcoût économique peut apparaître. À long terme, ces décisions d'implantation occasionnent toutefois un surcoût plus certain pour la puissance publique, du fait de la mise en place ou de l'extension nécessaires de différents réseaux (électricité, eau, transports, télécommunications notamment), dont le poids économique repose en définitive aussi indirectement sur les contribuables par le biais de plusieurs niveaux de fiscalité.

Perte de dynamisme des centres

Au nombre des conséquences économiques importantes des phénomènes de périurbanisation, on compte entre autres la perte d'attractivité des centres-villes. Celle-ci peut notamment s'apprécier à travers les taux de vacance commerciale : fin 2019, alors que ceux-ci s'élevaient en moyenne à 8,5% dans les zones commerciales en France, ils atteignaient 12,5% de moyenne dans les centres-villes et centres commerciaux (Institut pour la Ville et le Commerce). Cette disparité est particulièrement prononcée dans les villes moyennes et petites villes.

Îlot de chaleur urbain

La question des îlots de chaleur urbains dépasse la simple préoccupation environnementale : les canicules qui s'en trouvent renforcées peuvent en effet être de sérieuses sources de mortalité. Selon Géoconfluences-ENS Lyon, l'effet d'îlot de chaleur urbain désigne une espèce de dôme d'air plus chaud couvrant une ville ou un quartier, manifestation climatique concrète de la présence et des activités de la ville. Les surfaces minérales dont la ville est faite amplifient les augmentations de chaleur naturelles (notamment par l'effet albédo³) et les îlots de chaleur résultants renforcent à leur tour les épisodes caniculaires. En période de canicule, les écarts de température entre le centre et la périphérie rurale d'une agglomération peuvent dépasser les 5°C. Mais il importe d'ajouter que ces écarts peuvent également être de l'ordre de quelques degrés entre arrondissements ou quartiers d'un même centre-ville (Koppe, 2021) : au-delà de la présence de la ville, la morphologie exacte de celle-ci (densité, matériaux, présence de végétation...) joue un rôle déterminant dans la formation d'îlots de chaleur.

Décapage

Le processus de décapage n'est pas systématiquement une conséquence de l'artificialisation, mais plutôt une pratique du domaine de la construction liée à l'artificialisation et particulièrement néfaste pour les sols : le décapage consiste en effet en le terrassement des sols par l'extraction de leur couche superficielle, sur au moins 30 centimètres. Ce faisant, cette pratique contribue fortement au déstockage du carbone et à l'appauvrissement en matière organique des sols.

Inondations

Comme décrit succinctement plus haut, l'imperméabilisation perturbe le cycle de l'eau en empêchant son infiltration normale dans les sols : l'artificialisation renforce donc indirectement les

³ L'albédo d'une surface est une grandeur sans dimension dont la valeur est comprise entre 0 et 1 et définie comme le rapport des flux réfléchis et incidents d'énergie lumineuse sur cette surface. Il rend compte du pouvoir réfléchissant de ladite surface. L'albédo moyen terrestre est de 0,30 toutes surfaces confondues.

risques d'inondation. Mais plus encore, elle décuple ici certains effets plus larges du dérèglement climatique : l'augmentation de la fréquence des épisodes pluvieux intenses prend une dimension encore plus problématique lorsqu'elle se matérialise dans des zones hautement artificialisées.

Solutions et perspectives

Les 3 derniers lots du jeu répertorient et documentent des **solutions et perspectives de changement** face à l'artificialisation croissante des sols et à ses conséquences environnementales, économiques et sociales. L'idée qui sous-tend ces 3 lots n'est en aucun cas de prétendre que des « solutions-miracles » isolées existent et permettent de maîtriser parfaitement le phénomène d'artificialisation des sols ou d'atténuer ses effets sans difficulté : elle vise plutôt à mettre en avant des initiatives et procédés ayant déjà été testés sur le terrain et parfois fait leurs preuves, ou au moins envisagés, et d'engager une discussion critique et constructive sur les possibilités de changement à différentes échelles. En ce sens, cette partie ne constitue pas autant une revue de littérature au sens fort du terme que les 4 premiers lots. L'objectif principal ici est de ne pas proposer simplement un catalogue qui mettrait tout au même niveau tout en ne tombant pas non plus dans la prescription pure et simple d'une hiérarchisation définitive des solutions et perspectives entre elles. Cette partie de la *Fresque* a d'ailleurs fait l'objet d'un remaniement conséquent. Là où un lot unique légèrement désordonné occupait l'ensemble de cette section, une division en 3 lots progressifs a été opérée : le premier propose 4 **profils-types** de ménages ou de collectivités à partir desquels réfléchir à des trajectoires ou arbitrages futurs, le second présente un certain nombre de **solutions et de perspectives d'action** au niveau individuel, quand le troisième et dernier en offre suivant le point de vue de la puissance publique, qu'elle soit locale, régionale, nationale ou internationale.

Profils-types

Nous consacrons cette sous-partie au premier de ces 3 lots (le n°5 au total). Les 4 **profils-types** jusqu'ici constitués, dans la mesure où ils permettent de rendre compte de situations concrètes dans lesquelles la manière de problématiser l'artificialisation des sols varie sensiblement, constituent des points de départ pour la réflexion plus large sur l'avenir de l'artificialisation posée dans cette partie du jeu.

Situation individuelle n°1

Individu à la retraite à la recherche d'une maison individuelle abordable, dans un département semi-rural comme la Haute-Marne par exemple, propriétaire d'une voiture et intéressé par le jardinage et les activités en extérieur en jardin individuel.

Situation individuelle n°2

Jeune couple aux revenus moyens envisageant d'avoir 2 enfants, travaillant dans une métropole en croissance tout en souhaitant trouver un logement qui combine cadre naturel et accessibilité des services attendus d'une ville (transports, éducation, santé...).

Situation collective n°1

Intercommunalité connaissant une forte croissance démographique, porteuse d'une politique foncière ambitieuse depuis plusieurs décennies censée permettre un développement équilibré du territoire, à présent confrontée à l'objectif Zéro Artificialisation Nette.

Situation collective n°2

Intercommunalité à qui l'État demande d'arrêter le développement qu'elle souhaite poursuivre, au vu d'une artificialisation galopante, confrontée par ailleurs à la perte d'habitants depuis plusieurs décennies et à la dévitalisation de son centre à la suite de l'implantation de centres commerciaux et de maisons individuelles nombreuses en périphérie. Les habitants de la périphérie payent moins de taxes locales que ceux du centre, tout en bénéficiant aussi des services de celui-ci.

Solutions et perspectives d'action individuelles

Tout comme le précédent, ce 6^{ème} lot a fait l'objet d'une construction récente. Il propose des **solutions et perspectives d'action** pour des individus ou groupes d'individus de la société civile selon des modalités variées, et comporte en l'état 4 éléments : *(In)former/Sensibiliser son entourage, Utiliser des pratiques plus vertueuses pour l'environnement dans son jardin, Réfléchir à l'impact de son habitat sur les sols, Créer/Rejoindre une association ou un collectif*. Ce lot s'inscrit dans une démarche d'amélioration continue, les témoignages ou propositions éventuels de participants pouvant être suffisamment pertinents pour occasionner une refonte dans certains cas.

(In)former/ Sensibiliser son entourage

Cette première perspective, aussi simple et générique qu'elle paraisse au premier abord, prolonge en quelque sorte la démarche d'origine des *Fresques* comme celle du Climat ou de l'Artificialisation, à savoir la transmission en cascade d'une sensibilité et d'une information vulgarisée de bonne qualité, dans une approche participative. Plus précisément, elle fait écho au processus reproductible de formation de nouveaux animateurs des *Fresques* à travers leur participation à celles-ci. L'idée naïve selon laquelle une prise de conscience collective, et à terme, un passage à l'action collectif sont susceptibles de découler de cette propagation individuelle prend ici une tournure plus concrète et crédible.

Utiliser des pratiques plus vertueuses pour l'environnement dans son jardin

Cette proposition vient se placer dans une situation où le choix du type d'habitat a déjà été effectué, sans que le degré d'artificialisation associé ait nécessairement été pris en compte dans les décisions d'implantation jusque-là. Il procède donc par optimisation en quelque sorte : que le « jardin » en question soit partagé, individuel ou même se présente sous la forme d'une terrasse, certaines pratiques permettent une amélioration des fonctions écologiques des sols disponibles, et, partant, une atténuation des effets de l'artificialisation. La diversification des espèces végétales (notamment le renoncement aux haies monospécifiques), la modération quant au bêchage et à l'utilisation d'agents chimiques, le développement de la permaculture ou du compost sont autant de pistes dont l'utilité est avérée (OFB, 2022). S'il semble souhaitable, voire optimal, que ces initiatives soient encouragées ou même coordonnées par les collectivités territoriales ou même des collectifs de la société civile (associations de riverains par exemple), il est important de rappeler que la classification légale des terrains reste à ce jour binaire : nombre de citoyens pourraient trouver injuste et contre-incitatif que des efforts individuels ou concertés de leur part pour réduire le « degré réel d'artificialisation » de leurs jardins et donc de leurs terrains ne soient aucunement pris en compte par la puissance publique dans sa comptabilité, et donc potentiellement dans ses calculs d'exonérations ou de subventions.

Réfléchir à l'impact de son habitat sur les sols

Cette initiative se positionne en amont de la précédente en termes de choix individuels : elle intervient typiquement au moment des choix de déménagement ou d'une construction neuve, rénovation ou extension. Il s'agit de donner l'exemple en quelque sorte, ou bien envoyer un signal au marché du logement pour qu'il évolue dans un sens adéquat. Les caractéristiques à prendre en

compte sont par exemple les suivantes : taille du logement, emprise au sol, surface et qualités du jardin, possibilité de désimperméabilisation de la voirie ou des parkings et réversibilité des choix d'aménagement.

Créer/Rejoindre une association ou un collectif

Recommandation plus générale et classique, cette 4^{ème} et dernière carte suggère de s'impliquer dans une action collective civile pour soutenir la lutte contre l'artificialisation irraisonnée des sols. Les associations de défense de l'environnement, associations de quartier, conseils de quartier, associations pour le maintien de l'agriculture paysanne (AMAP), et conseils syndicaux de copropriété constituent des relais possibles pour aborder les enjeux d'artificialisation des sols.

Solutions et perspectives d'action pour la puissance publique

Comme son titre l'indique, ce 7^{ème} et dernier lot du jeu propose des **solutions et perspectives d'action** pertinentes pour la puissance publique, qu'elle exerce au niveau local, régional, national ou, plus rarement, international. Ce lot s'inscrit également dans une démarche d'amélioration continue, les propositions éventuelles de participants ou commentaires d'experts pouvant être suffisamment pertinents pour occasionner une refonte dans certains cas. En l'état, il comporte 12 cartes : *Trames environnementales, Îlots de fraîcheur, Densification du tissu urbain, Augmentation de la capacité de stockage carbone des sols, Modification des méthodes agricoles, Protection des espaces naturels et agricoles périurbains, Compensation/Renaturation, Utilisation des friches, Redynamisation des centres-villes, Désimperméabilisation, Gestion durable des forêts, Limitation légale de l'artificialisation des sols.*

Trames environnementales

La littérature scientifique distingue 3 types de trames environnementales : vertes, bleues et noires. Les trames vertes et bleues sont un réseau de continuités écologiques terrestres et aquatiques identifiées le cas échéant dans les documents de planification. Le maintien de ces continuités permet aux espèces animales et végétales de continuer à se déplacer et d'accomplir leur cycle de vie. Les trames noires, quant à elles, visent à former des corridors écologiques caractérisés par une certaine obscurité pour protéger la biodiversité de la pollution lumineuse.

Îlots de fraîcheur

Inverse des îlots de chaleur, les îlots de fraîcheur sont des espaces aménagés de telle sorte que la température y soit plus basse que dans le reste de la ville. Ils se fondent notamment sur l'utilisation de végétation, de points d'eau et de revêtements clairs. À la différence des îlots de chaleur, qui sont un produit indirect et non désiré, ni même explicitement recherché, d'un aménagement urbain négligent sur les questions d'incidence lumineuse et thermique, les îlots de fraîcheur relèvent d'un choix d'aménagement conscient et réfléchi.

Densification du tissu urbain

La densification urbaine constitue à la fois l'une des solutions les plus médiatisées et mentionnées pour lutter contre la consommation d'espace et l'artificialisation excessive des sols, et une forme de repoussoir dans certains imaginaires collectifs. Pourtant, la densification peut prendre des formes diverses et atteindre des degrés variés, n'excluant pas nécessairement la maison individuelle. Facilitant l'installation à proximité des services et aménités essentielles des villes, elle tend à limiter aussi le recours à des modes de transport individuels polluants comme la voiture. En France, c'est l'habitat haussmannien qui constitue la forme de logement dense de référence.

Augmentation de la capacité de stockage carbone des sols

Certaines techniques permettent d'augmenter, à surface constante, la capacité de stockage de carbone des sols. À la suite de la COP21, la France a d'ailleurs choisi d'adopter une position pionnière en lançant l'initiative internationale « 4p1000 », dont l'objectif est l'augmentation de la capacité surfacique de stockage carbone des sols, surtout agricoles, de 0,4% par an dans le monde. Les leviers invoqués pour cet accroissement sont les suivants : éviter de laisser les sols à nu, restaurer les sols agricoles dégradés, planter des arbres et espèces captatrices d'azote, assurer une nutrition adéquate des sols (compost, fumier...), entre autres. D'après les estimations du projet, cet accroissement pourrait être d'un ordre de grandeur suffisant pour « compenser » les augmentations tendancielle des concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cette solution constitue néanmoins plus une forme d'optimisation à la marge qu'une solution structurelle complète, et joue la carte de l'adaptation plutôt que de l'atténuation à la source.

Modification des méthodes agricoles

En écho à l'augmentation de la capacité de stockage carbone des sols évoquée précédemment, il importe de souligner que le potentiel de stockage carbone additionnel le plus important se trouve dans les sols agricoles : en France, « *le potentiel de stockage additionnel par adoption de pratiques stockantes*

se trouve très majoritairement dans les systèmes de grandes cultures, qui représentent à eux seuls 86% du potentiel total. » (INRAE, 2021). Ce potentiel pourrait être réalisé si un ensemble de pratiques agricoles différentes était mis en œuvre, parmi lesquelles on trouve notamment l'introduction et l'allongement des prairies temporaires, le développement de l'agroforesterie, l'apport de composts ou de produits organiques, et la plantation de haies.

Protection des espaces naturels et agricoles périurbains

Le dispositif de Protection des espaces naturels et agricoles périurbains (PENAP) permet de figer dans le temps la destination d'un espace agricole ou naturel. Mis à la disposition de toute collectivité ayant autorité pour concevoir un Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT), comme un département, cet outil a été introduit par la loi Développement des territoires ruraux (DTR) de 2005. Ses prescriptions ont autorité sur les documents d'urbanisme inférieurs : la modification d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) par exemple ne saurait permettre le changement de destination des espaces agricoles ou naturels concernés, ce qui permet d'assurer une certaine préservation de long terme.

Compensation/Renaturation

Le terme de renaturation d'un sol désigne l'ensemble des actions de restauration écologique. Il s'agit d'aider un écosystème à se rétablir après qu'il a été dégradé, endommagé ou détruit, et plus largement d'améliorer les 4 fonctions d'un sol rappelées dans la loi Climat et résilience 2021. En ville, la renaturation se distingue du paysagisme ou d'une tentative de « verdir » un projet d'aménagement : l'enjeu est de redonner de la place à la nature en revenant sur l'artificialisation passée. La renaturation est le moyen de compensation de l'artificialisation d'un sol, mais elle apparaît comme une solution de dernier recours, si le projet artificialisant n'a pu être évité. À compter de 2050, toute nouvelle surface artificialisée devra automatiquement faire l'objet d'une compensation. Il nous semble essentiel d'ajouter cependant que le recouvrement de certaines fonctions écologiques des sols renaturés (comme les friches présentées ci-après) peut nécessiter plusieurs décennies et donc ne produire d'effets positifs que bien après l'égalisation comptable, occasionnée par l'opération, au bilan de l'artificialisation. La capacité à mesurer le niveau de ce recouvrement de manière fiable est également un élément essentiel pour déterminer la pertinence des procédés de compensation.

Utilisation des friches

On nomme friche tout espace artificialisé à l'abandon depuis au moins 2 ans. La mobilisation des friches constitue vraisemblablement un levier incontournable pour limiter l'artificialisation. De fait, les friches constituent un gisement soit pour des opérations de renaturation (et rejoignent dans ce cas des enjeux de compensation), soit pour des opérations de recyclage urbain. Pour encourager les acteurs de l'aménagement à tirer parti des friches existantes, un *fonds friche* puis un *fonds vert* ont notamment été mis en place par l'État. Dans l'attente de l'aboutissement d'un recensement national lancé par le Cerema, l'ordre de grandeur circulant le plus souvent est celui de 100 000 hectares de friches présents sur le territoire français (*Les Échos*, 31 mai 2022).

Redynamisation des centres-villes

La redynamisation des centres-villes est perçue comme une réponse possible à l'étalement urbain, susceptible de le limiter et, partant, de freiner l'artificialisation extensive des sols. L'objectif de programmes nationaux comme Action Cœur de Ville et Petites Villes de Demain est ainsi de faire pencher la balance du compromis coût du logement/temps et coûts de transport/proximité des services évoqué dans le paragraphe *Surcoût économique* en faveur des centres-villes plutôt que de la périphérie.

Désimperméabilisation

La désimperméabilisation permet d'améliorer l'adéquation d'un sol au cycle de l'eau, en limitant les phénomènes de ruissellement et en rendant l'infiltration des eaux de pluie plus aisée. Ce faisant, ce processus peut aussi favoriser le retour d'une certaine biodiversité et participer à l'atténuation des effets d'îlot de chaleur. Néanmoins, il importe de préciser que la désimperméabilisation constitue une étape nécessaire mais non suffisante à la renaturation d'un sol artificialisé. De manière plus générale, elle constitue l'un des processus posant la question de la réversibilité face à l'artificialisation et à ses multiples modalités, à mettre en regard de la classification légale et de la comptabilité nationale des terrains artificialisés.

Gestion durable des forêts

Au-delà de la préservation des espaces forestiers face à l'artificialisation, l'amélioration de l'état des forêts, sujettes aux maladies et aux incendies, est un enjeu régulièrement souligné dans le débat public. Une modification des conditions de leur gestion semble nécessaire, notamment la fin du repeuplement monospécifique, la meilleure gestion de la production de bois, ou encore la reconstitution de forêts primaires.

Limitation légale de l'artificialisation des sols

En France, de nombreuses lois ont imposé des limites à la consommation foncière : loi SRU de 2000, loi Grenelle II de 2010, loi ALUR de 2014 notamment. Mais surtout, en 2021, à la suite de la convention citoyenne pour le climat, la loi Climat et résilience a entériné l'objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) des sols pour 2050. D'ici 2031, le rythme d'artificialisation des sols doit être réduit de moitié par rapport à celui de la décennie précédente. Et à partir de 2050, toutes les opérations artificialisantes devront être compensées par des opérations réduisant le niveau d'artificialisation d'autant (compensation, renaturation, changement d'affectation...). L'échelle territoriale de responsabilité vis-à-vis de ce bilan est encore le sujet de débats à l'heure actuelle, tout comme ses modalités concrètes d'atteinte.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

FLÉGEAU, M., *Formes urbaines et biodiversité - Un état des connaissances*, PUCA, 2020

SELOSSE, M.-A., *L'Origine du monde : une histoire naturelle du sol à l'intention de ceux qui le piétinent*, Arles, Actes Sud, 480 p., 2021

Ouvrages électroniques

BÉCHET, B., LE BISSONNET, Y., RUAS, A., *Sols artificialisés et processus d'artificialisation des sols, déterminants, impacts et leviers d'action*, INRA-IFSTAR, décembre 2017

L'état annuel du mal-logement en France, Fondation Abbé Pierre, n°28, 2023

L'état des sols de France. Groupement d'intérêt scientifique sur les sols, Gis Sol, 188 p., 2011

WWF (WorldWide Fund for Nature), *Living Planet Report: Bending the Curve of Biodiversity Loss*, 2020

Rapports imprimés

Carbone organique des sols : L'énergie de l'agro-écologie, une solution pour le climat, ADEME, 2016

Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, IPCC (GIEC), 2022

Enquête Teruti-Lucas : L'utilisation du territoire en 2014, Agreste Chiffres et Données, 229, mars 2015

Étude CORINE Land Cover, Programme Copernicus, 2012

Évaluation du taux d'artificialisation en France : comparaison des sources Teruti-Lucas et fichiers fonciers, Commissariat général au développement durable, août 2019

Stockage du carbone dans les sols français. Quel potentiel au regard de l'objectif 4 pour 1000 et à quel coût ? INRAE, août 2021.

Objectif « Zéro Artificialisation Nette » : Quels leviers pour protéger les sols ?, France Stratégie, juillet 2019

Articles de périodiques imprimés

BARROUX, R., « L'artificialisation des sols progresse, même sans pression démographique et économique », *Le Monde*, 13 mars 2019

BOURGUIGNON, C., BOURGUIGNON, L., « La mort des sols agricoles », *Études sur la mort*, 148(2), pp. 47-53, 2015

CANTAT, O., « L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps », *Norois*, 191, pp. 75-102, 2004

CAVAILHES, J., « Artificialisation des sols : de quoi parle-t-on ? », *Constructif*, 57(3), pp. 21-24, 2020

LUPIERI, S., « Friches industrielles : 100 000 hectares qui suscitent des convoitises », *Les Échos*, 31 mai 2022

« Les étés seront de plus en plus caniculaires à Paris », *Le Monde*, 26 octobre 2012

« La crise du logement atteint son paroxysme », *Le Monde*, 8 février 2022

Articles de périodiques électroniques

KOPPE, M., « Comprendre les îlots de chaleur urbains », *CNRS Le Journal*, 2021 [référence du 11 janvier 2023], <https://lejournal.cnrs.fr/articles/comprendre-les-ilots-de-chaleur-urbains>

Sites web consultés

Ademe [référence du 22 février 2023], <https://www.ademe.fr/>

Cerema [référence du 21 février 2023], <https://www.cerema.fr/fr>

La Fresque du Climat [référence du 20 janvier 2023], <https://fresqueduclimat.org/>

GéoConfluences Ens Lyon – Îlot de chaleur urbain [référence du 27 février 2023], <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/ilot-de-chaleur-urbain>

GéoConfluences Ens Lyon – Friche [référence du 13 mars 2023], <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/friches>

GéoPortail-Urbanisme – Statistiques France entière [référence du 27 février 2023], <https://www.geoportail-urbanisme.gouv.fr/statistics/france/>

Institut pour la Ville et le Commerce [référence du 11 décembre 2022], <https://www.institut-ville-commerce.fr/>

Initiative « 4 pour 1000 » [référence du 23 février 2023], <https://4p1000.org/>

INRAE [référence du 22 février 2023], <https://www.inrae.fr/>

IPBES - Le dangereux déclin de la nature : Un taux d'extinction des espèces « sans précédent » et qui s'accélère (2019) [référence du 17 mars 2023], <https://www.ipbes.net/news/Media-Release-Global-Assessment-Fr>

La Fabrique de la Cité [référence du 8 janvier 2023], <https://www.lafabriquedelacite.com/a-propos/>

Office Français de la Biodiversité (OFB) [référence du 28 février 2023], <https://www.ofb.gouv.fr/>

WWF – Déforestation importée [référence du 17 mars 2023], <https://www.wwf.fr/deforestation-importee>

Cadre légal et réglementaire

Loi « Climat et résilience » portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, n°2021-1104, 22 août 2021

Décret n° 2022-762 du 29 avril 2022 relatif aux objectifs et aux règles générales en matière de gestion économe de l'espace et de lutte contre l'artificialisation des sols du schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires

Décret n° 2022-763 du 29 avril 2022 relatif à la nomenclature de l'artificialisation des sols pour la fixation et le suivi des objectifs dans les documents de planification et d'urbanisme

Projets de loi

BLANC, J.-B., LÉTARD, V., et al., *Proposition de loi visant à faciliter la mise en œuvre des objectifs de « zéro artificialisation nette » au cœur des territoires*, Sénat, n° 205, 14 décembre 2022

CAUSSE, L., et al., *Proposition de loi visant à renforcer l'accompagnement des élus locaux dans la mise en œuvre de la lutte contre l'artificialisation des sols*, Assemblée Nationale, n° 854, 14 février 2023