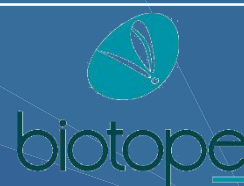

Rapport de stage individuel

5^{ème} année

*Objectif « Zéro Artificialisation Nette » :
Nouveauté législative & pistes d'action*

Stage Assistante chef de projet environnementaliste

Biotope – Agence Centre
122-124, Faubourg Bannier
45000 ORLÉANS



Tuteur entreprise : Sarah Degolbert
Chef de projet environnementaliste et coordinatrice de
production agence Centre

Mélina Clot
IUT
2021-2022

Tuteur académique : Séraphine Grellier

Table des matières

Introduction	4
Biotope, bureau d'étude en environnement et écologie	5
1. Création de l'entreprise	5
2. Activités exercées par l'entreprise	5
3. Agence Centre Bourgogne	6
Missions de stage	7
1. Etude d'impact de projets	7
2. Evaluation environnementale des documents d'urbanisme	8
Zéro Artificialisation Nette, Se saisir de la notion en tant que bureau d'étude en environnement	9
1. L'objectif ZAN, un cadre législatif encore peu efficient	11
1.1. Zéro artificialisation nette : définitions, trajectoire et outils de mise en œuvre	11
2.2. Contradictions et limites	14
2. La renaturation, une constituante de l'objectif ZAN	16
2.1. Un élément de compensation théorique : processus, illustrations et limites	16
2.2. Un recensement à approfondir via le développement d'un outil géomatique	19
3. L'identification d'espaces stratégiques de renaturation, vers la construction d'un outil géomatique	21
3.1. Présentation de la méthode retenue	21
3.2. Principaux résultats et limites de l'outil	25
Conclusion	28
Bibliographie	29
Liste des abréviations	31
Annexes	32

Table des figures

Figure 1 : Implantations de Biotope dans le Monde (Biotope, 2022)	5
Figure 2 : Répartition du flux de consommation d'ENAF par destination entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)	9
Figure 3 : Consommation d'ENAF entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)	9
Figure 4 : Consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)	10
Figure 5 : Services écosystémiques des sols (d'après l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2015)	11
Figure 6 : Objectif de réduction de l'artificialisation des sols par décennie et outils de suivi de l'artificialisation	12
Figure 7 : Extrait de l'OCS-GE du bassin d'Arcachon, territoire d'étude pour la mise en place de la base de données	14
Figure 8 : Désimperméabilisation et végétalisation de l'avenue Garibaldi à Lyon (Cerema, 2018)	15
Figure 9 : Comparaison de la richesse spécifique d'oiseaux, de papillons et de plantes entre les squares parisiens et les friches de Seine-Saint-Denis (Schwarz et al., 2012 ; Muratet, 2010)	15
Figure 10 : Renaturation des berges de l'Isar (Phusicos)	17
Figure 11 : Aéroport de Frankfurt-Bonames (Michael Triebswetter)	18
Figure 12 : Schéma d'identification des secteurs à enjeux, présentant un score bas	20
Figure 13 : Schéma d'identification des secteurs de renaturation prioritaires	21
Figure 14 : Grille de recherche des secteurs stratégiques de renaturation	23
Figure 15 : Secteurs en milieu urbain présentant plusieurs enjeux et un couvert dominant imperméable (en rouge, les espaces pouvant être à priorir désimperméabilisés)	27

Liste des tableaux

Tableau 1 : Nomenclature des sols artificialisés, issu du décret en Conseil d'Etat parut le 29 avril 2022	11
Tableau 2 : Evolutions des SCoT et PLU(i) pour favoriser le renouvellement urbain, la nature en ville et le maintien des continuités écologiques	13
Tableau 3 : Eléments de chiffrage des coûts de renaturation (France Stratégie, 2019)	17
Tableau 4 Critères pris en compte pour chaque scénario et score associé (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021)	19
Tableau 5 : Critères retenus pour l'identification des secteurs à enjeux	24
Tableau 6 : Résultat du croisement des secteurs à enjeux et du couvert dominant au sein de chaque maille (en nombre de mailles)	25
Tableau 7 : Critères pris en compte pour chaque scénario et score associé (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021)	35
Tableau 8 : Liste des missions effectuées durant le stage	36

Liste des cartes

Carte 1 : Occupation des sols de la communauté de commune Touraine-Est Vallées	22
Carte 2 : Vectorisation du raster imperméabilité des sols	23
Carte 3 : Couvert dominant par maille	25
Carte 4 : Identification des secteurs à enjeux	26
Carte 5 : Croisement des secteurs à enjeux et du couvert dominant	26

Introduction

Ce stage conclut trois ans de formation au sein du département Aménagement et Environnement de l'école d'ingénieurs Polytech Tours. Il a été réalisé au sein du bureau d'étude Biotope, spécialisé en environnement et en écologie, dont le cœur de métier est la réalisation d'études environnementales réglementaires. Le stage a été l'occasion de travailler sur diverses missions : études d'impact de projets photovoltaïques, évaluations environnementales de Plan Locaux de l'Urbanisme éventuellement Intercommunal (PLU(i)), élaboration de trame verte et bleue dans le cadre de PLUi...

L'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN), objectif de lutte contre l'artificialisation des sols affirmé par la loi Climat et Résilience était au cœur de l'actualité législative lors du stage. Pour l'élaboration de ce rapport, le choix a été fait d'étudier cette nouveauté réglementaire dans ce qu'elle propose, d'identifier ses premières limites et proposer des pistes d'actions sur l'ingénierie que peut apporter Biotope sur ce sujet. La renaturation, introduite comme pendant à l'artificialisation nette des sols, a été particulièrement étudiée comme entrée possible d'action pour un bureau d'étude en environnement.

Ce rapport présente ainsi dans un premier temps l'organisme d'accueil du stage et ses compétences, ainsi que les principales missions réalisées en son sein. Il est ensuite focalisé sur l'objectif ZAN, présente la loi qui a porté son inscription dans le code de l'Urbanisme, et détaille le concept de renaturation. Enfin, il propose des pistes pour l'élaboration d'un outil géomatique d'identification des secteurs stratégiques de renaturation, en se basant sur l'étude de la bibliographie existante sur ce sujet récent.

1. Création de l'entreprise

Biotope est une entreprise française créée par Frédéric Melki, Thomas Menut et Michel Geniez, et comptant aujourd'hui 319 collaborateurs en France et à l'étranger. L'entreprise naît en 1993 de la volonté de ses fondateurs de mettre à disposition leurs connaissances naturalistes, relevant d'une passion acquise en dehors de leurs milieux professionnels respectifs, au service des collectivités et entreprises pour intégrer les enjeux liés à la biodiversité dans les projets d'aménagement. Si la loi relative à la protection de la nature du 10 juillet 1976 impose depuis 17 ans la prise en compte de l'environnement dans ces mêmes projets, obligeant par exemple la réalisation d'étude d'impact pour la création de nouvelles infrastructures routières, elle est, en 1993, relativement peu appliquée faute de compétences et connaissances disponibles dans le milieu professionnel. Biotope devient donc la première entreprise d'ingénierie écologique en France et en Europe. En 1994, elle développe également une maison d'édition dédiée à la publication d'ouvrages sur la faune, la flore, les milieux naturels, l'environnement et l'écologie en général, qui deviendra une référence dans le milieu naturaliste.

En 2022, l'entreprise compte 19 agences dont 15 en France métropolitaine et 3 dans les Départements et Régions d'Outre-Mer et Collectivités d'Outre-Mer (DROM-COM), en Martinique, Guyane et à La Réunion. Elle possède également 14 filiales à travers le monde : Biotope Communication Edition, Biotope Communication, Biotope Editions, Biotope Afrique Centrale (Gabon), Biotope Environnement (Belgique), Biotope Environnement Luxembourg, Biotope China, Biotope Guinée, Biotope Ingénierie Biodiversité (Maroc), Biotope Madagasikara (Madagascar), Aquascope et Archipel. Aquascope est un bureau d'étude spécialisé en ingénierie des milieux aquatiques proposant notamment des expertises en hydrobiologie. Archipel est une filiale issue d'un partenariat entre Biotope et la Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural (SAFER) Ile-de-France, opérateur foncier du territoire francilien, dédiée à la compensation écologique.



Figure 1 : Implantations de Biotope dans le Monde (Biotope, 2022)

2. Activités exercées par l'entreprise

Depuis sa création, les domaines d'activité de l'entreprises se sont élargis. Son cœur de métier est toujours l'accompagnement des projets d'aménagement, de leur conception jusqu'à leur réalisation, dans l'élaboration d'études règlementaires comme les études d'impact, les dossiers loi sur l'eau, l'étude d'incidence Natura 2000 ou encore les dossiers de dérogation espèce protégée, mais également la mise en place de mesure de compensation, demandée dans le cadre de la séquence Eviter Réduire Compenser (ERC). Elle réalise de plus de nombreuses missions liées à la gestion et à la conservation de la nature et à l'assistance aux politiques publiques. Elle effectue en outre du conseil stratégique, notamment auprès de comités de direction d'entreprises, de collectivités et institutions politiques, mais aussi des missions de communication pour divers acteurs et propose des formations destinées aux professionnels.

Les activités de Biotope se concentrent ainsi autour de différents domaines d'intervention : énergie, transport, urbanisme, industrie extractive, politique de l'eau et de la mer, gestion et valorisation de la nature ou encore

agriculture. Ces domaines d'intervention varient en fonction des agences et des territoires dans lesquelles elles s'inscrivent.

Biotope possède également un pôle Recherche et Développement ayant été récompensé à plusieurs reprises pour ses innovations. Parmi ces dernières, peuvent être par exemple citées le radar Aviscan, permettant de détecter les vols des oiseaux et des chauves-souris en altitude et de collecter diverses informations (recensement, flux migratoire, ...), le système Chirotech©, permettant de modéliser le comportement des chiroptères dans l'environnement d'un parc éolien et de déclencher un arrêt momentané des pâles lorsque l'activité des chauves-souris est forte ou le risque de collision est important. Biotope a également développé le logiciel SonoChiro, permettant la détection des signaux des chiroptères, l'identification des espèces en présence et leur classification (genre, espèces, rythme de vol, activité sociale, activité de chasse).

3. Agence Centre Bourgogne

Fondée en 2006, l'Agence Centre Bourgogne est basée à Orléans, et possède également un bureau relais à Tours. Elle intervient essentiellement en région Centre-Val de Loire, et dans une moindre mesure en Bourgogne-Franche-Comté et en Ile-de-France. Une quinzaine de collaborateurs sont présents à l'année, effectif pouvant varier en été, lorsque les terrains sont plus nombreux. Les compétences au sein de l'équipe sont fortement variées, allant de l'expertise naturaliste sur de nombreux groupes biologiques (amphibiens, reptiles, insectes, mollusques, crustacés, oiseaux, chiroptères, mammifère terrestres, flore, habitats naturels), en passant par des compétences plus généralistes d'écologie, d'environnementaliste, ou encore de paysagiste.

L'agence traite essentiellement des dossiers relatifs au développement d'énergie renouvelable (éolien et parc photovoltaïque en particulier), mais également des projets plus divers autour des milieux aquatiques et d'élaboration de plans et programme. Elle est spécialisée dans la réalisation d'études réglementaires telles que les évaluations environnementales des plans et programmes, les études d'impact, les dossiers loi sur l'eau, les dossiers de demande de dérogation espèces protégées, ou les études d'incidence Natura 2000. Outre ces dossiers réglementaires, elle intervient également sur des diagnostics écologiques ponctuels constituant une aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage.

Missions de stage

Mon stage au sein du bureau d'étude Biotope répondait à une offre intitulée « stagiaire assistante chef de projet environnementaliste ». A ce titre, les six mois au sein de l'agence d'Orléans ont été l'occasion de mener diverses missions sur de nombreux projets différents. Cette partie vise à présenter succinctement ces diverses missions, afin donner un aperçu des compétences mobilisées et acquises durant le stage.

Cœur de métier de l'entreprise, la mise en œuvre d'évaluations environnementales a été une de mes principales missions de stage. L'évaluation environnementale est un processus visant à faire intégrer par le maître d'ouvrage les préoccupations environnementales et de santé le plus en amont possible d'un projet, d'un plan, ou d'un programme. Elle permet également de rendre compte au public de la démarche menée dans le cadre de l'élaboration du projet, du plan ou du programme pour prendre en compte l'environnement dans toutes ses composantes. Elle comprend donc un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, appelé étude d'impact dans le cadre de projets d'aménagement, mais également la consultation de divers organismes ressource. Introduite par la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, l'évaluation environnementale concerne divers projets, plans et programmes, dont la liste complète est précisée dans les tableaux annexés aux articles R.122-2 et R.122-17 du code de l'Environnement. Si certains projets, plans ou programmes sont soumis de manière automatique, d'autres relèvent du cas par cas. La décision de conduite ou non d'évaluation environnementale est alors prise par l'Autorité Environnementale (AE).

1. Etude d'impact de projets

Dans le cas de projet, le rapport restituant l'évaluation environnementale s'intitule étude d'impact. Son contenu est proportionné en fonction de la sensibilité environnementale de la zone affectée par le projet, de l'importance et de la nature des travaux, et de ses incidences prévisibles sur l'environnement. Elle comprend un résumé non technique, visant à vulgariser le contenu de l'étude, et permettre sa compréhension par tous, notamment pour l'enquête publique ; une description du projet ; une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet ainsi qu'un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet ; une description des incidences notables du projet sur l'environnement, ainsi que de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophe majeurs ; les mesures envisagées pour éviter, réduire et compenser les incidences négatives notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine ; une présentation des modalités de suivi de ces mesures et de leurs effets ; et enfin une description des solutions de substitution examinées et les principales raisons de son choix au regard des incidences sur l'environnement. Ce contenu est précisé par l'article R.122-5 du code de l'environnement. Au-delà du contenu réglementaire, l'étude d'impact est surtout l'occasion de définir, en concertation avec le maître d'ouvrage, un projet limitant au maximum les impacts négatifs sur l'environnement.

L'étude d'impact comprend classiquement trois volets : le volet généraliste, traitant des impacts sur la population, la santé humaine, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels ; le volet milieu naturel traitant des impacts sur la biodiversité ; et enfin le volet paysage, traitant des aspects architecturaux, archéologiques et patrimoniaux. Si l'entreprise Biotope est compétente pour réaliser les trois lots, certaines études d'impact sont réalisées en partenariat avec d'autres structures. Il s'agit alors d'assembler les différentes réalisations à la fin du processus afin de rendre un document unifié et cohérent au maître d'ouvrage.

En tant que stagiaire assistante chef de projet environnementaliste, j'ai surtout travaillé sur le volet généraliste de l'étude d'impact, notamment pour des projets de parcs photovoltaïques au sol en milieu agricole. La première partie de l'étude consiste en l'élaboration de l'état initial de l'environnement permettant de comprendre le contexte climatique, topographique, géologique, hydrogéologique et hydrique dans lequel s'inscrit le site envisagé pour le projet. Cette partie comprend également l'étude des risques naturels et technologiques majeurs, ainsi que quelques éléments sur le territoire dans lequel s'inscrit le projet (contexte socio-économique, organisation du territoire, qualité de vie). L'état initial de l'environnement permet d'appréhender les interactions possibles entre l'environnement et le projet envisagé, et d'adapter le projet initial aux caractéristiques et enjeux du site d'étude. L'état initial est également illustré de nombreuses cartes permettant de localiser les différents éléments de contexte du site. L'environnementaliste réalise également les consultations auprès de différentes organisations ressources comme la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement du Logement (DREAL), les gestionnaires des différents réseaux (gaz, électricité), pour éviter tout impact sur ces derniers lors de la phase travaux, mais également le Service Départemental d'Incendie et de Secours (SDIS). Ce dernier formule des recommandations à intégrer au projet pour éviter tout accroissement du risque incendie sur le territoire par l'implantation du projet photovoltaïque.

Suite à l'identification des enjeux relatifs à l'état initial de l'environnement, ce sont les impacts du projet sur l'environnement qui sont détaillés (impact sur les sols, sur la qualité de l'eau, sur le contexte économique local

ect.). Si ces impacts s'avèrent non négligeables, des mesures sont prises pour réduire ce risque. L'environnementaliste détermine un panel de mesures permettant de réduire les impacts sur l'environnement sur le milieu physique, les risques majeurs et le milieu humain.

2. Evaluation environnementale des documents d'urbanisme

Le stage a également été l'occasion de participer à l'évaluation environnementale des documents d'urbanisme. Plusieurs Plans Locaux de l'Urbanisme Intercommunaux (PLUi) étaient en cours d'évaluation pendant la période de stage, notamment ceux de la communauté de communes Touraine-Est Vallées ainsi que du Territoire Vendômois. De la même manière que l'étude d'impact, l'évaluation environnementale débute par l'élaboration d'un état initial de l'environnement. La suite de la mission consiste à conseiller les collectivités dans l'élaboration de leur Programme d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), contenant le projet du territoire de l'intercommunalité. Durant le stage, j'ai ainsi pu participer à plusieurs ateliers d'échange sur le PADD, notamment pour localiser les secteurs prioritaires de renouvellement urbain, d'extension et les secteurs à enjeux environnementaux (continuités écologiques, risques...). Il s'agit d'atelier d'échanges avec les élus et techniciens des communes de l'intercommunalité, permettant d'élaborer de manière collective un projet de territoire.

L'entièreté des missions réalisées sont listées dans le tableau disponible en Annexe 6.

Zéro Artificialisation Nette

Se saisir de la notion en tant que bureau d'étude en environnement

Le Plan biodiversité et, plus récemment, la loi « Climat et résilience », promulguée en août 2021, ont imposé dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement et de la planification le concept de Zéro Artificialisation Nette, et son acronyme ZAN. Si l'idée n'est pas nouvelle, à savoir limiter la consommation d'Espace Naturels, Agricoles et Forestiers (ENAF), le texte de loi entend réaffirmer l'ambition nationale de réduction de l'artificialisation des sols, et pour la première fois, d'imposer des objectifs chiffrés.

L'artificialisation des sols est une notion fortement hétérogène, initialement portée par le monde agricole français. Introduite pour mieux appréhender les mutations du paysage depuis les années 1995 et déterminer les causes de la perte des terres agricoles, le terme est aujourd'hui au cœur des réflexions de planification et d'aménagement du territoire. Il désigne de façon large les surfaces retirées de leur état naturel ou de leurs usages forestiers et agricoles. Les sols artificialisés sont alors très divers : logements, bâtiments industriels, chantiers, carrières ou encore parcs et jardins, la notion reste peu précise. Statistiquement, cette imprécision est à l'origine de forts écarts de résultats entre les différents organismes ayant chiffrés l'artificialisation et son évolution ces dernières années. En 2014, le ministère de l'Agriculture, par le biais de l'enquête Teruti-Lucas, estimait ainsi que les terres artificialisées représentaient 9,3% des sols français, tandis que pour la même année, la base de données européenne d'occupation biophysique des sols Corine Land Cover portait cette part à 5,3% (Desrousseaux & Schmitt, 2018).

Outre ces divergences statistiques, les tendances d'évolution de l'artificialisation des sols restent néanmoins très concordantes, et ce peu importe le référentiel utilisé. L'augmentation de la surface des sols dits artificialisés est continue depuis les années 1990, et a fortement progressé jusqu'en 2010, bien plus vite que l'évolution de la population. Entre 1981 et 2019, la population française augmentait en effet de 19%, tandis que l'artificialisation progressait de 70% sur la même période (France Stratégie, 2019). Ces dernières années, le rythme d'artificialisation des ENAF semble toutefois diminuer, passant en moyenne de 30 000 hectares par an en 2013 à 22 000 en 2019 (Figure 3). C'est majoritairement l'habitat qui est à l'origine de la consommation d'ENAF (Figure 2).

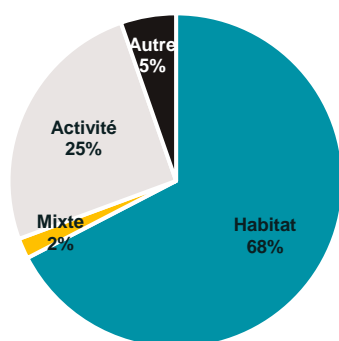


Figure 2 : Répartition du flux de consommation d'ENAF par destination entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)

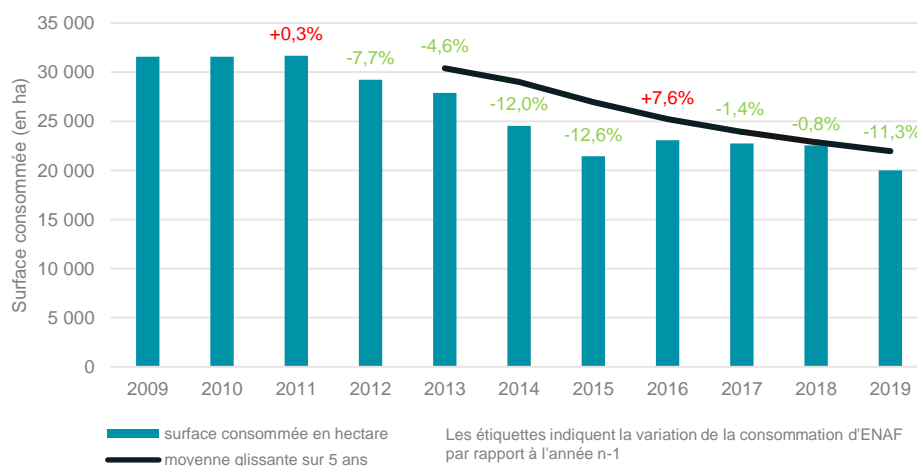


Figure 3 : Consommation d'ENAF entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)

Le décalage entre artificialisation et évolution de la population française, s'explique par plusieurs facteurs. Si la préférence des ménages français pour l'habitat individuel en est un, l'artificialisation résulte également de mécanisme plus complexe de difficulté de l'accès au foncier, poussant les ménages les moins aisés vers la périphérie des villes. Le cadre fiscal est également un facteur d'explication. En effet, de nombreuses taxes s'appliquent aux terrains urbanisables, et ces taxes constituent une source de financements importante pour les collectivités locales. La sous-exploitation du bâti, et le développement de résidences secondaires occupées de manière temporaire, participent également à la divergence entre artificialisation des sols et augmentation de la population (France Stratégie, 2019).

Tous les territoires français sont concernés par l'artificialisation (Figure 3), même si le phénomène se concentre en particulier dans les espaces périurbains peu denses (Ministère de la Transition Ecologique, 2021c), sur les littoraux et à proximité des agglomérations. Cette artificialisation génère d'importantes modifications des caractéristiques physiques, physico-chimiques et chimiques des sols, mais également impacte de manière non négligeable les organismes et la biodiversité du sol, le fonctionnement des milieux artificialisés, les paysages, les habitats et espèces végétales et animales, l'hydrologie des milieux artificialisés et la gestion des eaux pluviales, le microclimat de ces espaces transformés (îlot de chaleur urbain), la qualité de l'air, la qualité sonore des espaces artificialisés, la production agricole (Desrousseaux & Schmitt, 2018).

L'artificialisation des sols représente donc un enjeu en termes de nuisances, pour la population humaine mais également pour les populations animales et végétales. L'imperméabilisation des sols, corolaire de l'artificialisation, est le mécanisme notable le plus dommageable, que ce soit pour la biodiversité, le risque de ruissèlement ou encore la création d'îlot de chaleur urbains. A cela s'ajoute la pollution des sols et des eaux, découlant en particulier des activités minières et industrielles et de la circulation routière, ainsi que la fragmentation des paysages par les infrastructures de transport (Desrousseaux & Schmitt, 2018).

Consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers

Sur le territoire métropolitain entre 2009 et 2020

- Entre 0 et 10 ha
- Entre 10 et 20 ha
- Entre 20 et 50 ha
- Entre 50 et 100 ha
- Entre 100 et 200 ha
- Supérieure à 200 ha

Sources : Portail de l'artificialisation des sols (2022),
OpenStreetMap (2022)
Auteur : Méline Clot

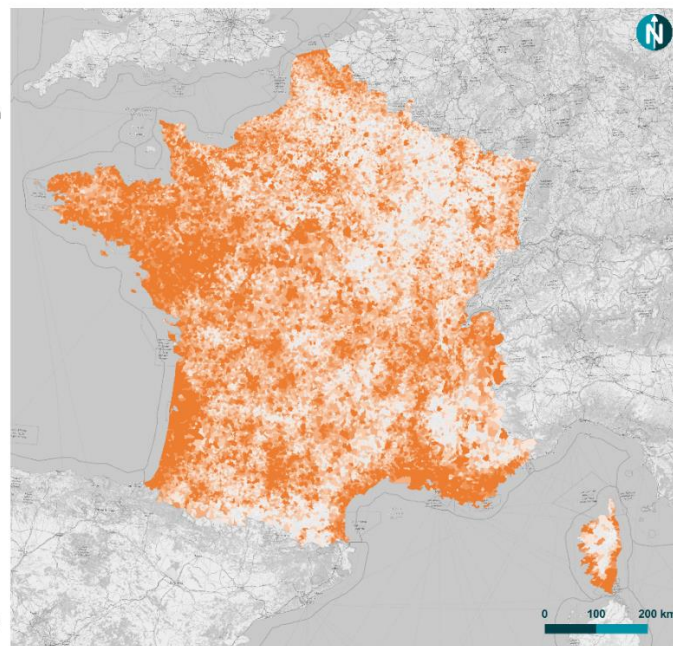


Figure 4 : Consommation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers entre 2009 et 2020 (Portail de l'artificialisation des sols, 2022)

Face aux multiples conséquences d'une artificialisation excessive, le cadre législatif incite ainsi depuis une dizaine d'années à un changement de paradigme : passer d'une gestion économe de l'espace à une lutte contre l'artificialisation. La loi Climat et Résilience est aujourd'hui le corpus législatif le plus récent portant des objectifs forts de réduction et de lutte contre l'artificialisation des sols. Elle a ainsi inscrit dans le code de l'Urbanisme l'objectif « *d'absence d'artificialisation nette à terme* » (Extrait de l'article L.101-2, l'ensemble de l'article est disponible en Annexe 1). L'idée est simple et ambitieuse : d'ici 2050, toute nouvelle artificialisation des sols devra être compensée par une renaturation d'autres espaces de surface équivalente. L'absence d'artificialisation « nette » serait alors le résultat d'un équilibre entre espaces artificialisés et espaces renaturés.

Jusqu'à lors plurielle, la loi a de plus défini la notion d'artificialisation en s'appuyant sur la fonctionnalité des sols en présence. L'artificialisation est ainsi définie comme « *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* » (Extrait de l'article L.101-2-1, l'ensemble de l'article est disponible en Annexe 2Annexe 2Annexe 1). La mention du mot sol, et de ses fonctions écologiques, est une approche tout à fait nouvelle dans le corpus législatif, dépassant ainsi la vision surfacique foncière précédemment utilisée. A ce titre, la définition d'artificialisation interroge des notions telles que la perméabilité des sols et leur rôle dans la régulation du cycle de l'eau, la biodiversité associée à ces espaces, leur qualité agronomique, leur capacité de stockage de carbone ou encore d'épuration de l'eau... Elle invite à prendre en compte la diversité des sols et l'ensemble des services écosystémiques qu'ils rendent (Figure 5)

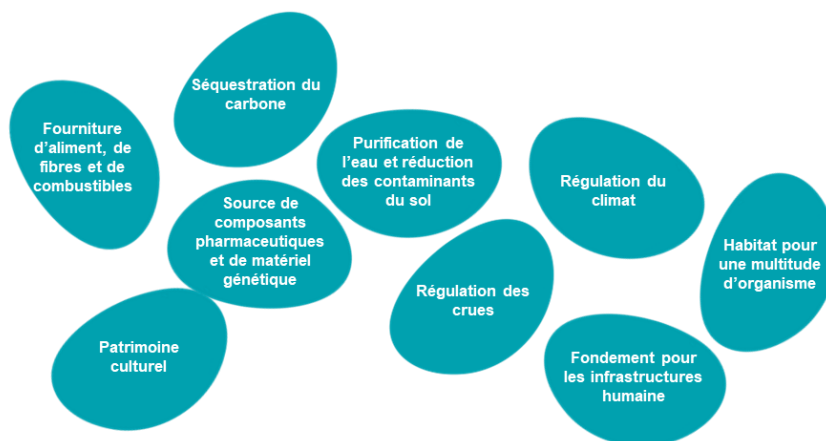


Figure 5 : Services écosystémiques des sols (d'après l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), 2015)

Les modifications apportées au code de l'Urbanisme par la loi Climat et Résilience, et notamment l'introduction du principe de ZAN, semblent ainsi une avancée majeure pour la prise en compte des enjeux écologiques dans l'aménagement des territoires. Cependant, l'application de la loi suscite plusieurs interrogations, notamment pour les collectivités devant le mettre en œuvre. La traduction effective de l'objectif ZAN s'annonce en effet complexe, entre manque de données pour mesurer précisément l'artificialisation (Padilla et al., 2022), manque de connaissances sur les sols et leurs qualités intrinsèques (a'urba, 2021) et manque de moyens techniques et financiers pour le mettre en œuvre (AMF, 2022). Dans ce contexte, il apparaît pertinent d'engager une réflexion sur les réponses méthodologiques possibles que les bureaux d'études peuvent apporter pour conseiller les collectivités locales. *Comment Biotope peut-il alors se saisir du concept de Zéro Artificialisation Nette ?* C'est ce à quoi nous tenterons de répondre. Pour cela, le cadre législatif des principales mesures portées par la loi Climat et Résilience seront présentées en première partie, ainsi que leurs limites. Le concept de renaturation, introduit comme pendant à l'artificialisation, sera ensuite détaillé comme entrée possible d'action pour Biotope. Enfin, un outil géomatique d'identification des secteurs stratégiques de renaturation sera proposé et testé, sur la base de l'étude des différentes méthodes d'ores et déjà existantes. Les limites de l'outil, aujourd'hui en phase d'ébauche, seront enfin évoquées afin de proposer des pistes d'amélioration et d'évolution.

1. L'objectif ZAN, un cadre législatif encore peu efficient

1.1. Zéro artificialisation nette : définitions, trajectoire et outils de mise en œuvre

Définitions

La loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets, dite Loi Climat et Résilience, a réaffirmé l'objectif de Zéro Artificialisation Nette auparavant mentionné dans le Plan Biodiversité de 2018. La lutte contre l'artificialisation des sols est en effet désormais inscrite dans le code de l'Urbanisme, tout comme les trajectoires à engager pour atteindre l'objectif ambitieux d'absence d'artificialisation nette à horizon 2050.

Pendant à l'artificialisation, la renaturation a également été définie par la loi et inscrite dans le code de l'Urbanisme. Elle consiste ainsi « *en des actions ou des opérations de restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé* » (Extrait de l'article L.101-2-1, l'ensemble de l'article est disponible en Annexe 2Annexe 1). Le principe de zéro artificialisation nette, s'il incite surtout à une moindre artificialisation, découlerait donc également d'un équilibre entre sols nouvellement artificialisés et sol renaturés sur un périmètre et une période donnée. Cet équilibre présuppose alors de pouvoir distinguer les sols artificialisés de ceux non-artificialisés. Ainsi, l'article de loi a été précisé par un décret en Conseil d'Etat parut le 29 avril 2022 et indiquant la nomenclature des sols artificialisés et non-artificialisés. Cette nomenclature est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 : Nomenclature des sols artificialisés, issu du décret en Conseil d'Etat parut le 29 avril 2022

Catégories des surfaces	Sous catégories des surfaces
Surfaces artificialisées	1° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison du bâti (constructions, aménagements, ouvrages ou installations)
	2° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison d'un revêtement (artificiel, asphalté, bétonné, couvert de pavés ou de dalles)

	3° Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont stabilisés et compactés ou recouverts de matériaux minéraux
	4° Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont constitués de matériaux composites (couverture hétérogène et artificielle avec un mélange de matériaux non minéraux)
	5° Surfaces à usage résidentiel, de production secondaire ou tertiaire, ou d'infrastructures notamment de transport ou de logistique, dont les sols sont couverts par une végétation herbacée, y compris si ces surfaces sont en chantier ou sont en état d'abandon
Surfaces non artificialisées	6° Surfaces naturelles qui sont soit nues (sable, galets, rochers, pierres ou tout autre matériau minéral, y compris les surfaces d'activités extractives de matériaux en exploitation) soit couvertes en permanence d'eau, de neige ou de glace
	7° Surfaces à usage de cultures, qui sont végétalisées (agriculture, sylviculture) ou en eau (pêche, aquaculture, saliculture)
	8° Surfaces naturelles ou végétalisées constituant un habitat naturel, qui n'entrent pas dans les catégories 5°, 6° et 7°

Trajectoire

La réduction de l'artificialisation portée par la loi Climat et Résilience devra être traduite dans les documents de planification et d'urbanisme, à différentes échelles. Pour ce faire, la loi propose tout d'abord l'intégration d'un objectif intermédiaire de réduction par deux de la consommation d'ENAF entre 2021 et 2031, par rapport à la période de référence 2011-2021. La consommation d'ENAF sera ainsi calculée d'après les fichiers fonciers disponibles pour cette période (Cerema, 2022a). A partir de 2031, l'artificialisation des sols sera appréciée au regard de la nomenclature citée plus-haut. Pour chaque nouvelle décennie, des objectifs de réduction du rythme d'artificialisation des sols seront adoptés, permettant de tendre vers le ZAN. La logique de compensation entre sols nouvellement artificialisés et sol renaturés ne s'appliquera ainsi qu'à partir de 2050 (Figure 4).

L'artificialisation des sols sera suivie grâce à la base de données vectorielle OCS-GE pour Occupation du Sol à Grande Echelle. Cette base de données, qui devrait couvrir tout le territoire national d'ici 2024, permettra d'uniformiser le décompte des terres artificialisées, et de détailler l'occupation du territoire selon une nomenclature indiquant la couverture et l'usage du sol. Dans les zones construites, les zones bâties seront prises en compte dès lors que leur surface dépassera 200m². Les autres occupations seront décomptées si leur surface est supérieure à 500m². Hors des zones construites, le seuil est relevé à 2 500 m² (Cerema, 2019). La correspondance entre la nomenclature de OCE-GE et des sols artificialisés et non artificialisée est disponible en Annexe .

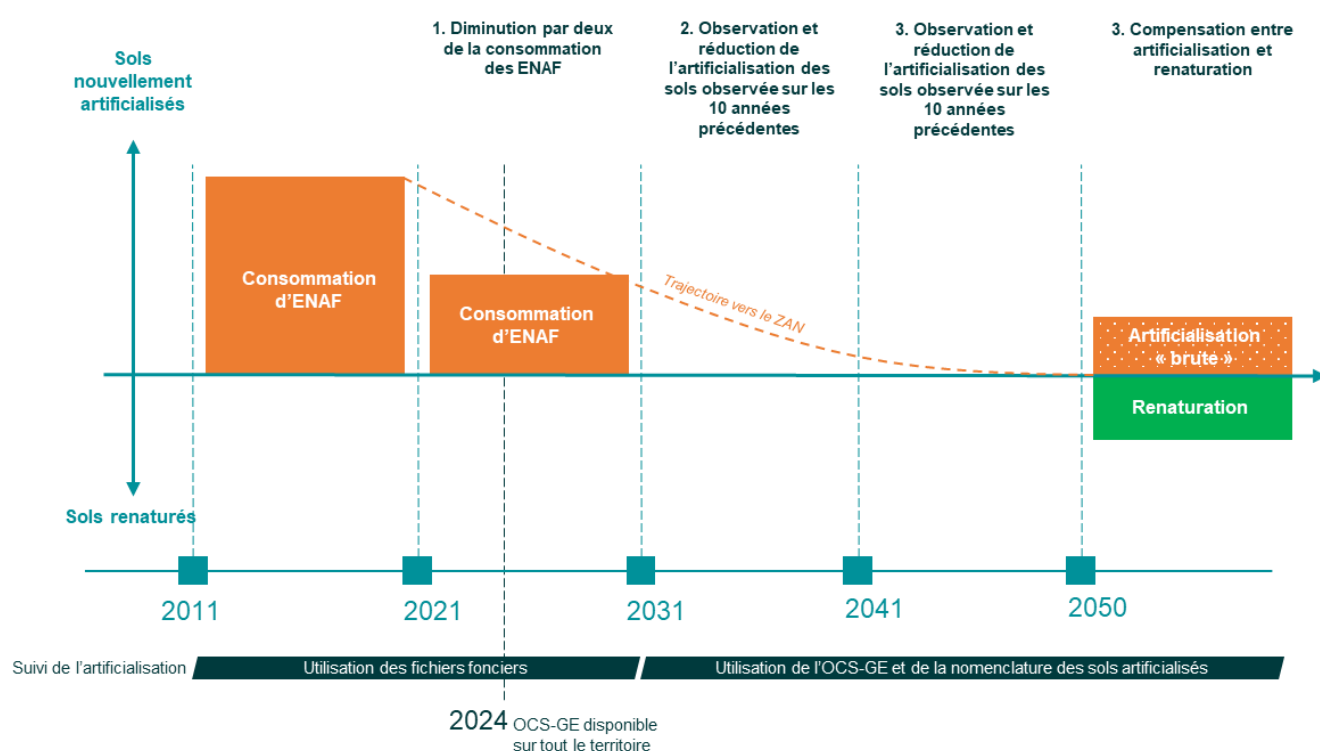


Figure 6 : Objectif de réduction de l'artificialisation des sols par décennie et outils de suivi de l'artificialisation

Outre une évolution temporaire, l'objectif ZAN devra également être appliqué de manière différenciée et territorialisée. Ainsi la loi prévoit diverses dispositions permettant d'intégrer des objectifs de lutte contre l'artificialisation des sols dans les Schémas Régionaux d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires (SRADDET), mais également dans les documents infrarégionaux tels que les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT), Plans Locaux d'Urbanisme éventuellement intercommunaux (PLU(i)) ou encore Cartes Communales (CC).

A l'échelle régionale, les SRADDET devront territorialiser les objectifs de lutte contre l'artificialisation des sols, et ce avant 22 février 2024. Le décret du 29 avril 2022 a de plus précisé que cette territorialisation sera réalisée dans le fascicule de règles générales du SRADDET, avec lequel les documents de planification de rangs inférieurs que sont les SCoT doivent être compatibles. Le fascicule pourra également comporter une liste de projets d'aménagement d'intérêt général majeurs (infrastructure, équipement public, activités économiques) et d'envergure régionale ou nationale, pour lesquels la consommation d'ENAF ou l'artificialisation des sols sera prise en compte au niveau régional, sans être déclinée localement.

Par effet de compatibilité avec les orientations des SCoT, PLU(i) et CC devront également intégrer et décliner à l'échelle locale ces objectifs. Pour les SCoT et PLU(i), la loi prévoit une intégration des objectifs ZAN avant le 22 août 2026 et le 22 août 2027 respectivement. Si les évolutions ne sont pas réalisées dans les délais, des conséquences fortes sont prévues par la loi. En effet, l'absence d'intégration de l'objectif ZAN dans les documents d'urbanisme de rangs supérieurs, les PLU(i) ou CC ne pourront pas dépasser la moitié de la consommation d'ENAF observée sur leur territoire communal ou intercommunal au cours des dix années précédant le 24 août 2021 (Cerema, 2022b).

Pour élaborer ces objectifs spatialisés, la loi Climat et Résilience a également créé un nouvel espace de dialogue territorial, les conférences des SCoT. Lancées en février 2022, ces conférences consistent en des sessions d'échanges entre élus de territoires d'un espace régional, avec pour objectif d'éclairer les régions dans la territorialisation de l'objectif ZAN. Elles devraient formuler des propositions d'ici octobre 2022 (Picot, 2022a).

Outils de mise en œuvre

Plusieurs leviers d'actions ont également été introduit par la loi Climat et Résilience afin d'orienter vers plus de sobriété foncière et de tendre in-fine vers l'objectif ZAN. Ces évolutions jouent principalement sur deux facteurs : favoriser le renouvellement urbain par la planification, et promouvoir la nature en ville et le maintien des continuités écologiques. Non exhaustif, le tableau ci-dessous cite quelques-uns de ces outils.

Tableau 2 : Evolutions des SCoT et PLU(i) pour favoriser le renouvellement urbain, la nature en ville et le maintien des continuités écologiques

Numéro de l'article de loi	Détail de l'article de loi
Mesures en faveur du renouvellement urbain	
Art. 194, II, 4°, L.151-5 CU	Condition d'ouverture à l'urbanisation par l'analyse des capacités des zones déjà urbanisées
Art. 199, L.151-6-1 et L. 153-31 CU	Echéancier prévisionnel d'ouverture à l'urbanisation des zones à urbaniser
Art. 203, L.153-27 CU	Bilan des PLU ramené à 6 ans au lieu de 9 ans
Art. 208, L. 151-27, L.311-6, L. 312-4 CU	Possibilité d'inscrire dans les PLU(i) une densité minimale de construction dans les zones d'aménagement concertées
Art. 209, L.152-6 CU	Possibilité d'étendre les dérogations aux règles du PLU(i) au périmètre des grandes opérations d'urbanisme et dans les centres-villes des opérations de revitalisation des territoires
Art. 211, L.151-6-2 CU	Possibilité de permettre une plus grande densité dans les projets réalisés dans des friches
Mesures en faveur de la nature en ville et du maintien des continuités écologiques	
Art. 197, L.141-10 et 4° du L.151-7 CU	Possibilité d'identifier des zones préférentielles de renaturation dans les SCoT et PLU(i)
Art 209, L.152-6 2°CU	Autorisation de dérogation supplémentaire de 15% des règles relatives au gabarit pour les constructions contribuant à la qualité du cadre de vie, par la création d'espaces extérieur en continuité des habitations
Art. 201, L.151-22 CU	Part minimale de surface non imperméabilisées ou éco-aménageables dans les agglomérations urbaines importantes (population > 50 000 habitants), et communes (population > 15 000 habitants)
Art. 210, L. 152-5-2 CU	Possibilité pour les construction exemplaires (bois) de déroger aux règles de hauteur

* CU : Code de l'Urbanisme

Pour lutter contre l'artificialisation, la première solution semble donc être la densification de l'existant. A cela s'ajoute la nécessité d'améliorer le cadre de vie, incontournable pour faire adhérer à de nouvelles formes d'habiter. La loi climat et résilience a ainsi inscrit dans le code de l'urbanisme une batterie d'outils pour repenser les modèles classiques d'aménagement, orientant vers toujours plus de consommation d'ENAF. L'objectif est identifié, et la trajectoire à suivre aussi. Reste la prise en main de l'objectif de ZAN et de ses ambitions par les acteurs de l'aménagement du territoire.

2.2. Contradictions et limites

Si les constats sur l'artificialisation des sols et ses conséquences sont partagés par une majorité des acteurs de l'aménagement du territoire, le calendrier et les modalités d'actions fixées par la loi Climat et Résilience et ses décrets d'application font encore largement débat.

Cohérence écologique

La nomenclature des sols artificialisés et non-artificialisés est tout d'abord un premier élément de discussion. Le décret en Conseil d'état du 29 avril 2022 classe en effet les espaces verts urbains, tels que les parcs, terrains de sport ou jardins ouvriers, comme sols artificialisés. Si les espaces verts urbains s'insèrent dans une matrice parfois peu accueillante pour la faune et la flore, ils peuvent néanmoins s'avérer favorables à la biodiversité, notamment selon l'intensité et les pratiques de gestion (Geoffroy et al., 2020). Ce classement pourrait par ailleurs décourager les initiatives favorisant la nature en ville, comme la désimperméabilisation de cours d'école ou de parking par exemple, initiatives qui répondent de plus aux problématiques d'îlots de chaleur urbains (Padilla et al., 2022).

L'ambiguïté de la nomenclature découle notamment de l'outil de mesure de l'artificialisation, l'OCS-GE. Celui-ci distingue en effet les formations ligneuses, herbacées et les autres formations non ligneuses, mais sans indiquer le caractère plus ou moins naturel des espaces. Le manque de connaissance sur les sols et leurs fonctionnalités en milieu urbain, sujet de recherche récent (Guilland et al. 2018), ne permet pas, à ce jour, de mieux les caractériser. Il en résulte alors des incohérences entre fonctionnalité écologique réelle des sols et mesure de l'artificialisation telle que prévue par la loi. Ce choix de nomenclature augmente ainsi fortement les espaces considérés comme artificialisés (Figure 7).

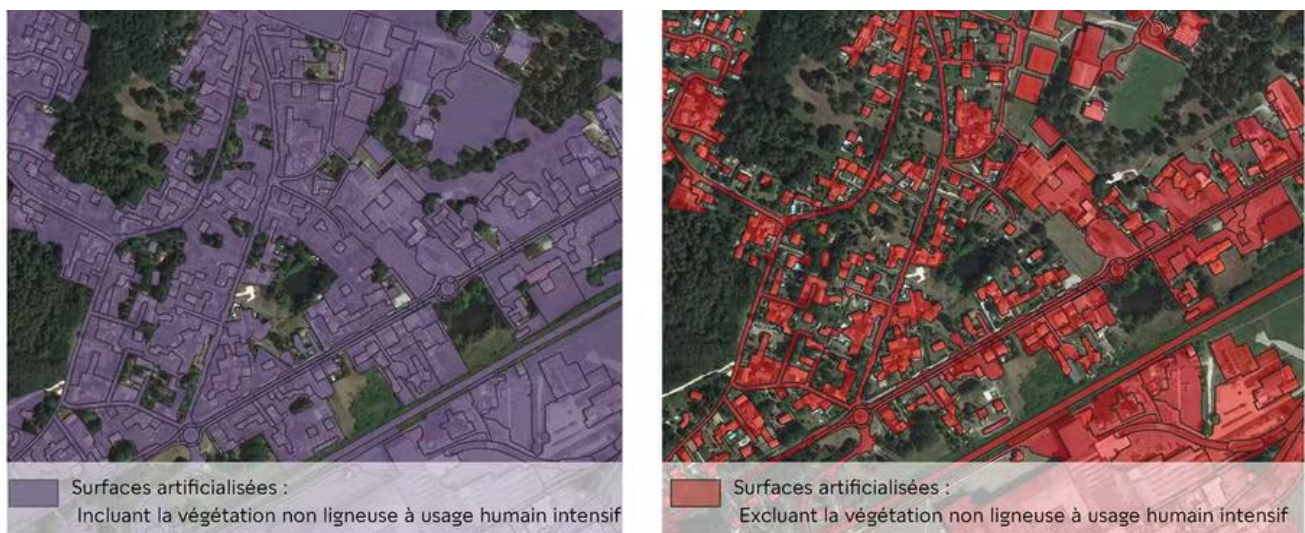


Figure 7 : Extrait de l'OCS-GE du bassin d'Arcachon, territoire d'étude pour la mise en place de la base de données

A gauche, les surfaces artificialisées telles que le prévoit le décret du 29 avril 2022 établissant la nomenclature des sols artificialisés et non artificialisés. A droite, les sols artificialisés sur les parcs urbains et jardins ne sont pas considérés.

Outre l'exclusion des espaces verts urbains, pouvant s'expliquer par des considérations écologiques et des limites techniques à l'évaluation de l'artificialisation des sols, un autre choix du décret pose question. Les surfaces correspondant aux activités de carrières sont considérées comme non-artificialisées, alors que ces activités nécessitent généralement un décapage des terres de couvertures pour accéder au gisement (Padilla et al., 2022). Les carrières, notamment à ciel ouvert, ont un impact direct sur l'environnement, conduisant à une profonde altération de la composition et/ou de la structure du sol, voire à sa disparition complète pendant la

période d'exploitation mais également par la suite, le processus entier de pédogénèse étant impacté (Chenot, 2018). Sur le territoire national, les carrières représentent de plus 110 000 ha environ de surface au sol, une emprise non négligeable qui sera alors déduite des objectifs de lutte contre l'artificialisation (Padilla et al., 2022).

La simplicité d'une approche binaire opposant sols artificialisés et sols non artificialisés, si elle présente l'avantage indéniable de faciliter le suivi de l'artificialisation, n'est donc pas toujours pertinente pour décrire une réalité complexe. La fonctionnalité écologique des sols, constituante majeure de la définition de l'artificialisation, pourrait être mieux prise en compte. Dans cette optique plusieurs acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme proposent la mise en place d'autres outils qu'une nomenclature dichotomique. L'association d'un coefficient d'artificialisation à chacune des catégories de sols, et ainsi la mise en place d'un gradient d'artificialisation, permettrait par exemple de qualifier son intensité. Les espaces fortement imperméabilisés, comme les zones bâties, auraient ainsi plus de poids lors du décompte des espaces artificialisés que les espaces verts urbains par exemple. Ces nuances dans la catégorisation des sols artificialisés valoriseraient ainsi les constructions avec peu d'emprise au sol, les projets favorisant la nature en ville ou encore les opérations de désimpermeabilisation (Padilla et al., 2022) (Figure 8).

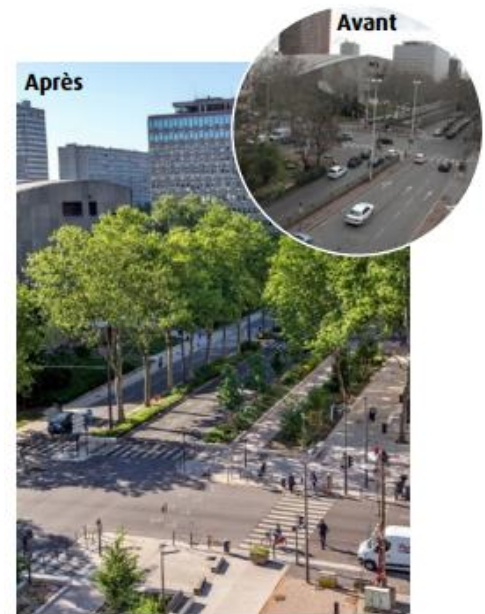


Figure 8 : Désimpermeabilisation et végétalisation de l'avenue Garibaldi à Lyon (Cerema, 2018)

D'autres nomenclatures existent pour apprécier l'artificialisation, ou au contraire la non-artificialisation des sols. A titre d'exemple, on peut citer l'indice d'Ecopotential de Bruxelles, indicateur qualifiant le potentiel représenté par un site pour le développement de la biodiversité. Cet indicateur associe à chaque type de surface pouvant être rencontrée en milieu urbain, un facteur de pondération représentant son intérêt pour le développement de la biodiversité. Les pavés dallages à joints ouverts auront ainsi un meilleur facteur que les surfaces bétonnées par exemple. Ce type de nomenclature permet d'apprécier les degrés d'artificialisation, et donc d'orienter vers des projets plus vertueux pour la biodiversité en ville, sans parler de renaturation totale des espaces (Cerema, 2018).

La densification, objectif indissociable de la lutte contre l'artificialisation est également source de questionnement d'un point de vue écologique. Première cible des opérations de renouvellement urbain, les friches urbaines peuvent également constituer des lieux de biodiversité, parfois plus intéressants que les parcs et jardins. Elles peuvent en effet présenter une grande diversité de micro-habitats, de plantes mellifères ainsi que de plantes hôtes, et sont également des espaces peu perturbés par l'homme. L'abandon d'un site mène à une reprise progressive de la végétation par colonisation d'espèces pionnières, et donc à un développement de la diversité biologique locale (Shwartz, 2011).

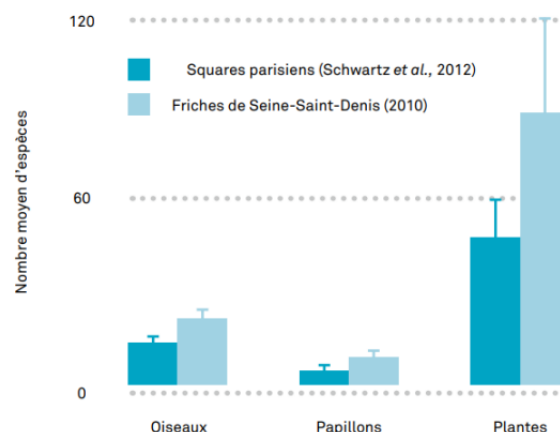


Figure 9 : Comparaison de la richesse spécifique d'oiseaux, de papillons et de plantes entre les squares parisiens et les friches de Seine-Saint-Denis (Schwartz et al., 2012 ; Muratet, 2010)

Ainsi, si les friches peuvent être des espaces stratégiques pour la densification, l'évaluation des caractéristiques du site, notamment environnementales, est indispensable assurer une valorisation de ses qualités écologiques (Mission économie de la Biodiversité, 2021).

Oppositions politiques



Outre ces considérations écologiques, de nombreuses oppositions ont émergées depuis la parution des décrets concernant la nomenclature des sols artificialisés et la déclinaison de l'objectif ZAN dans les SRADDET. L'Association des Maires de France a notamment déposé un recours devant Conseil d'Etat sur ces deux décrets, dénonçant une publication « dans la précipitation, sans étude d'impact, et après deux avis défavorables du Conseil National d'évaluation des normes » (AMF, 2022). Les maires et élus soulignent tout d'abord le risque de fragilisation des documents de planification, aujourd'hui déjà source de nombreux contentieux.

Le rapport du contrôle budgétaire sur les « outils financiers en vue de l'atteinte de l'objectif zéro artificialisation nette » de Jean-Baptiste Blanc, rapporteur spécial des crédits du logement et de l'urbanisme, déplore de plus l'absence de moyens pour parvenir à mettre en œuvre l'objectif ZAN. Aujourd'hui, il est en effet généralement moins cher de construire en étalement urbain que de reconstruire la ville sur elle-même. De quoi décourager le secteur de la construction de s'engager dans la démarche ZAN. Le rapport chiffre en effet entre 740 et 1 020€ le coût de construction moyen hors taxes par mètre carré habitable pour une maison de plain-pied, contre 1 430 € à 3 100 € pour un immeuble collectif urbain dense de quatre à huit niveaux (Picot, 2022b).

Les outils financiers ne sont pas les seuls à manquer. Les collectivités soulignent également leur besoin en ingénierie pour répondre aux ambitions de la démarche ZAN et s'approprier l'objectif à une échelle locale (a'urba, 2021). La mise en place d'une réduction de moitié de la consommation d'ENAF d'ici 2031 passera en effet par différents moyens, comme une meilleure évaluation du besoin en construction neuve, une identification des possibilités de densification ou encore des lieux à renaturer. Des outils sont donc à élaborer pour mieux accompagner les collectivités territoriales dans la mise en œuvre du ZAN, et permettre une efficience du cadre législatif.

2. La renaturation, une constituante de l'objectif ZAN

2.1. Un élément de compensation théorique : processus, illustrations et limites

Processus

Si l'ambition première de l'objectif ZAN est de privilégier le renouvellement urbain et de densifier l'existant, la renaturation des espaces artificialisés est également un des leviers possibles proposés par la loi Climat et Résilience. Juridiquement définie plus haut, celle-ci s'inscrit dans une logique de compensation des espaces nouvellement artificialisés, et à ce titre est similaire à la séquence « Eviter, Réduire, Compenser », d'ores et déjà appliquée en aménagement à l'échelle du projet ou de la planification. La renaturation serait donc utilisée en dernier recours, lorsque le recyclage urbain apparaît peu souhaitable ou peu possible, dans un tissu urbain déjà très dense par exemple.

Au-delà d'une logique de compensation, la renaturation, représente également un outil d'amélioration de la qualité de vie. Les bénéfices de la nature en ville ne sont en effet plus à prouver aujourd'hui, que ce soit pour lutter contre les îlots de chaleurs urbains, améliorer la qualité de l'air ou encore assurer un bien-être psychologique (Bourdeau-Lepage, 2019). La renaturation est de plus l'occasion d'améliorer les fonctionnalités écologiques des espaces, et ainsi leur attractivité pour les espèces végétales et animales.

La renaturation peut ainsi être recherchée pour de multiples raisons : logique équilibrante du ZAN, augmentation de l'offre de la nature en ville, adaptation au changement climatique, préservation de la biodiversité... En fonction de l'objectif recherché, les méthodes de mise en œuvre varient, ainsi que les coûts de réalisation. De manière générale, la renaturation fait référence à des processus de déconstruction, de dépollution, de désimperméabilisation, de réhabilitation de sols fonctionnels, et enfin de recolonisation de ces espaces par la faune et la flore, de façon spontanée ou par une action anthropique (Mission économie de la Biodiversité, 2021). Les processus à mettre en œuvre sont fortement dépendants de la dégradation subie par le sol et son couvert. Le degré d'intervention humaine pour renaturer un site est ainsi variable d'un projet à l'autre, impliquant par la même occasion des coûts de mise en œuvre très différents.

Les quelques données disponibles sur ces coûts sont détaillées dans le tableau ci-dessous (France Stratégie, 2019).

Tableau 3 : Eléments de chiffrage des coûts de renaturation (France Stratégie, 2019)

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

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

** Il faut 3,34 à 3,42 tonnes d'anthroposol pour construire un mètre carré de sol. À partir des coûts pour une tonne d'anthroposol, les coûts ont été estimés par unité de surface.

Si la notion de renaturation telle que définie par la loi Climat et Résilience est récente et ne peut être illustrée par des exemples concrets, plusieurs projets ayant permis de diminuer le degré d'artificialisation d'espaces dégradés peuvent néanmoins être étudiés.

Illustrations

La renaturation de la rivière Isar, traversant la ville de Munich en Allemagne est ainsi un exemple de renaturation à grande échelle, ayant eu recours à de lourdes opérations de génie civil. Le cours d'eau a en effet fait l'objet d'importants travaux sur une longueur de 8 km entre 2000 et 2011, pour optimiser la protection contre les inondations, revitaliser ses berges et aménager des zones dédiées à la détente et au repos. Les anciennes rives artificielles, édifiées au 19^{ème} siècle ont été démolies, permettant un élargissement du lit mineur. Les seuils et dénivellations de bétons ont été remplacées par des rampes de graviers permettant aux poissons migrateurs de remonter le courant. Des berges plates en pentes et des berges naturelles recolonisées par la végétation ont pris place sur les anciens remblais escarpés en béton (Figure 9). Les études réalisées pour évaluer les conséquences de la restauration du cours d'eau démontrent aujourd'hui une amélioration de l'écoulement des eaux de crues, une diversification des espèces en présence, notamment sur les berges de la rivière, ainsi qu'une amélioration de la qualité de l'eau. Onze années et 35 millions d'euros ont néanmoins été nécessaires pour ce résultat (Schaufuß, 2020).



Figure 10 : Renaturation des berges de l'Isar (Phusicos)

A gauche, l'Isar pendant les travaux de renaturation, l'ancienne rive artificielle est visible. A droite, effacement de l'ancienne rive et mise en place de berges plates en pentes et de berges végétalisées

Outre les méthodes de génie civil, la renaturation mobilise également largement les méthodes issues du génie écologique. Celles-ci reposent sur l'ingénierie écologique, définie par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) comme l'utilisation, le plus souvent in situ, parfois en conditions contrôlées, de populations, de communautés ou d'écosystèmes dans le but de modifier une ou plusieurs dynamiques biotiques ou physico-chimiques de l'environnement dans un sens réputé favorable à la société et compatible avec le maintien des équilibres écologiques et du potentiel adaptatif de l'environnement. La renaturation peut ainsi passer par l'utilisation des fonctionnalités morphologiques des végétaux pour dépolluer les milieux, accélérer la recolonisation des espaces par la faune et la flore, mais également choisir les espèces que l'on souhaite voir revenir sur un site. Depuis 2016, l'Etablissement Public Foncier (EPF) Nord-Pas-de-Calais, en charge du « recyclage » des friches urbaines et industrielles, mène ainsi un ensemencement systématique des espaces dont il est le gestionnaire. L'objectif poursuivi est ici multiple : améliorer l'attractivité du site pour la biodiversité,

notamment pour les invertébrés et les pollinisateurs sauvages par la plantation d'espèces végétales très florifères, mais également permettre une acceptation sociale des friches en offrant aux habitants un milieu ouvert, coloré et fleuri. Le choix d'espèces locales de faible croissance a permis également de limiter les coûts d'entretien (Lemoine, 2017).

Génie civil et génie écologique mis à part, la renaturation peut également survenir sans intervention de l'homme. Si le processus peut être plus long, il est beaucoup moins coûteux et choisit sciemment dans certains cas. L'ancien aéroport de Frankfort-Bonames, non-utilisé depuis les années 1980 est un exemple de renaturation partielle sans intervention humaine forte. Les pistes d'atterrissage ont simplement été disloquées pour permettre un retour de la végétation spontanée. Le centre des pistes a été gardé comme axe de cheminement doux, et le site est désormais ouvert au public pour des usages récréatifs (Figure 10).



Figure 11 : Aéroport de Frankfort-Bonames (Michael Triebswetter)

Limites

Les méthodes de renaturation sont ainsi hétérogènes, faisant appel à des corps de métiers divers, et impliquant des temporalités et des coûts variées. Si ces méthodes existent, très peu de projets de renaturation ont été identifiés à ce jour, et leurs résultats réels sur l'amélioration de la fonctionnalité écologiques des milieux est mal connue (France Stratégie, 2019). Dans le cadre de l'objectif ZAN, la renaturation est définie comme le passage d'un sol considéré comme artificialisé à un sol non artificialisé, selon la nomenclature en vigueur. Les opérations qui seront considérées comme de la renaturation restent encore difficiles à appréhender, puisque des travaux de désimperméabilisation et de végétalisation par exemple ne seront pas suffisants. Les critères à prendre en compte pour évaluer l'équivalence entre les opérations d'artificialisation et celles de renaturation ne sont pas connus non plus à ce jour (Mission économie de la Biodiversité, 2021).

Les longues temporalités exigées pour mettre en place des projets de renaturation, et leur coût important sans modèle économique sont également d'autres limites à leur mise en œuvre. Les actions de renaturation concernent a priori en priorité des sites artificialisés sans usage défini, comme les friches industrielles ou les anciennes zones commerciales, mais également les espaces dont l'usage est à redéfinir, comme les parkings surdimensionnés, les espaces publics inutilement asphaltés et non utilisés (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021). Toutefois, les quelques informations disponibles sur les coûts de mise en œuvre des processus de renaturation suggèrent que celle-ci ne peut être aujourd'hui économiquement viable que si elle ne nécessite ni dépollution ni désimperméabilisation (France Stratégie, 2019). Différents acteurs questionnent ainsi aujourd'hui les modèles qui pourraient être mis en place pour financer la renaturation, afin d'en faire un levier d'action réellement mobilisable. A ce titre, France Stratégie préconisait en 2019 deux pistes de réflexion : instaurer un marché de droit à artificialiser contre renaturation, ou financer la renaturation en ajoutant une composante artificialisation à la taxe d'aménagement. La première option supposerait de pouvoir évaluer les projets de renaturation pour garantir leur qualité environnementale et ainsi accorder des « droits à artificialiser » en échange. Les coûts de renaturation étant aujourd'hui très élevés, les auteurs soulignent la faible probabilité qu'un tel marché rencontre de la demande. Les recettes de la seconde proposition seraient reversées pour financer des opérations de renaturation des sols et de densification du foncier bâti existant (France Stratégie, 2019). Comme rappelé par ses détracteurs, ces propositions ne sont aujourd'hui que des hypothèses, l'objectif ZAN ayant été inscrit dans la loi sans outils financiers pour le mettre en œuvre.

Si les limites financières et techniques de la renaturation sont bien réelles, les bénéfices pouvant être apportés par la renaturation le sont tout autant. Au-delà de questions économiques, la renaturation est une solution pour répondre aux nombreuses problématiques urbaines contemporaines. Le phénomène d'îlot de chaleur urbain, bien connu en ces périodes de canicules, ou encore les récentes inondations ayant touchées le nord-est de la France à l'été 2021, notamment liées à une imperméabilisation à outrance de l'espace urbain, sont là pour le rappeler. Dans un contexte de réchauffement climatique, accentuant la fréquence et l'intensité des événements extrêmes (canicules, précipitations ...), penser une renaturation des espaces urbains est une nécessité soulignée par plusieurs acteurs de l'aménagement et de l'urbanisme (Leconte et Grisot, 2022). L'identification précise des gisements d'espaces artificialisés compatibles avec la renaturation apparaît également nécessaire pour estimer la marge de manœuvre possible dans les espaces urbains ou périurbains (France Stratégie, 2019 ; Mission économique de la Biodiversité, 2021). Les articles L.141-10 et L.151-7 du code de l'Urbanisme ont d'ailleurs introduit la possibilité d'identifier des zones préférentielles de renaturation dans les documents d'urbanisme (PLU(i) et SCoT). Accompagner les collectivités vers la mise en place de projets de renaturation passerait donc tout d'abord par une identification du foncier mobilisable. Dans cet optique, des outils utilisant les informations

géographiques peuvent être développés. La suite de ce rapport s'attachera donc à proposer la mise en place d'un outil permettant le recensement, sur la base de divers critères, des sites potentiellement renaturables.

2.2. Un recensement à approfondir via le développement d'un outil géomatique

Plusieurs organismes ont d'ores et déjà mis en place, ou sont en train de le faire, des outils pour identifier le potentiel foncier mobilisable dans le cadre d'une désimperméabilisation (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021), d'une re-fonctionnalisation partielle (Cerema, 2021), ou encore d'une amélioration des fonctionnalités écologiques (OFB, 2021). Ces exemples peuvent être pris comme source d'inspiration pour l'élaboration d'un outil géomatique permettant le recensement de sites stratégiques potentiellement renaturables.

Potentiel de renaturation – étude REGREEN

En 2021, l'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB) en Île-de-France, en partenariat avec l'Institut d'Ecologie et des Sciences de l'Environnement de Paris, proposait une estimation du potentiel de désimperméabilisation et de renaturation des sols en milieu urbain. Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet REGREEN, projet européen regroupant 19 partenaires pour étudier les solutions fondées sur la nature en milieu urbain, afin de proposer des pistes d'actions pour la transition écologique des villes. L'étude partait du constat que la renaturation peut apporter des réponses à différents enjeux contemporains, parmi lesquels : lutter contre le déclin de la biodiversité, adapter les villes au dérèglement climatique et améliorer la qualité de vie et la santé humaine en milieu urbain. La renaturation étant un processus coûteux et difficile à mettre en place, une réflexion quant aux bénéfices conjoints qu'elle peut apporter est en effet pertinente.

Ainsi, sur la commune test d'Aulnay-Sous-Bois, différentes informations géographiques ont été croisées afin d'identifier les secteurs cumulant le plus d'enjeux. Le territoire communal a été étudié selon une maille de 125 mètres par 125 mètres, ce maillage permettant d'avoir des résultats à une échelle infra quartier. Chacun des trois enjeux cités plus haut (« Reconquête de la biodiversité », « Adaptation au changement climatique », « Santé et cadre de vie »), dénommés « scénarios » dans l'étude, ont été déterminés suite à l'analyse de différents critères. Pour le scénario « Reconquête de la biodiversité », ont été étudiés la présence des espaces verts dans le tissu urbain ainsi que leur taille respective, la qualité de la matrice, et la présence d'habitats rares (arbres remarquables, mares). Pour le scénario « Adaptation au changement climatique », ce sont les inondations, le ruissellement ou encore le phénomène d'îlot de chaleur urbain qui ont fait l'objet d'analyse. Enfin, pour le scénario « Santé et cadre de vie » ce sont des données sur l'accès aux espaces verts pour les habitants, le niveau de pollution de l'air, les nuisances sonores et les îlots de chaleur urbains qui ont été pris en compte (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021).

En fonction de la valeur de chaque critère dans chaque maille de la grille d'étude, était associé un score. Le cumul de ce score permettait d'identifier les secteurs nécessitant une intervention, c'est-à-dire les sites ayant un score faible (Figure 12). Le tableau ci-dessous présente les critères utilisés pour le scénario « Reconquête de la biodiversité », ainsi que les scores associés à chaque critère (Tableau 4). L'ensemble des critères des différents scénarios est disponible en Annexe 5 (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021).

Les critères sélectionnés s'appuient sur une large bibliographie permettant de justifier de leur cohérence avec le scénario envisagé.

Tableau 4 Critères pris en compte pour chaque scénario et score associé (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021)

Critère	Seuils	Score
Surface des espaces verts	Absence	0
	Surface inférieure à 1 hectare	1
	Surface entre 1 et 4,4 hectares	2
	Surface 4,4 et 53,3 hectares	3
	Surface supérieure à 53,3 ha	4
Qualité de la matrice (couvert végétal en %)	Couvert végétal inférieur à 10%	0
	Couvert végétal entre 10% et 30%	1
	Couvert végétal supérieur à 30%	2
Habitats rares	Aucun	0
	Arbres remarquables	1
	Zones humides	2
	Arbres remarquables et zones humides	3

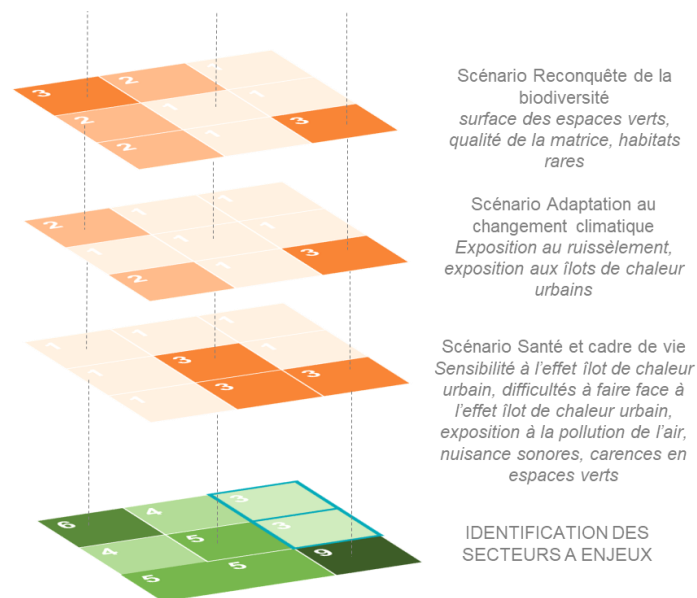


Figure 12: Schéma d'identification des secteurs à enjeux, présentant un score bas (Mélina Clot)

Une fois les secteurs à enjeux identifiés, les sites potentiellement désimperméabilisables et renaturables (parking, route, lieu d'enseignement, terrains vacants...) ont été recherchés au sein des mailles, par photo-interprétation. Cette méthode permet ainsi de déterminer les surfaces pouvant être mobilisée dans le cadre d'une renaturation, mais également de hiérarchiser les surfaces entre-elles, en identifiant les secteurs cumulant le plus d'enjeu et donc où la renaturation peut répondre à divers besoins.

Identification du potentiel de renaturation à l'échelle de l'unité urbaine parisienne

L'étude réalisée par le Cerema en 2021 sur l'identification du potentiel de renaturation à l'échelle de l'unité urbaine parisienne est un autre exemple de travail semblable réalisé. Cette étude a l'avantage d'avoir été menée à plus large échelle que l'étude REGREEN, puisqu'elle a été appliquée à l'ensemble du territoire francilien. Elle utilise ainsi des données majoritairement disponibles à une échelle nationale, et est donc plus facilement reproductible sur d'autres territoires. La méthode repose sur le même principe que l'étude REGREEN, à savoir une première étape d'identification des secteurs cumulant le plus d'enjeux. A cet égard, l'étude croise les données spatiales relatives à la vulnérabilité à l'effet îlot de chaleur urbains (étude ultérieure réalisée par l'Institut Paris Région (IPR)), aux corridors et réservoirs du Schéma Régional de Cohérence Ecologique (SRCE) Île-de-France, au risque inondation, au ratio d'espaces verts ou boisés ouverts au public, à l'offre et à l'accessibilité des espaces verts ou boisés ouverts au public et enfin aux espaces agricoles.

En parallèle de l'identification de ces secteurs cumulant des enjeux, est réalisé un diagnostic de la qualité des espaces artificialisés et de leur multifonctionnalité en milieu urbain dense. Si des données sur les sols des ENAF existent à l'échelle nationale (Référentiels Régionaux Pédologiques disponibles sur le site www.geoportail.gouv.fr), il n'existe à ce jour pas de données sur les sols en milieu urbain. La fonctionnalité des sols doit donc être estimée par d'autres moyens. Cette étude propose d'approcher la fonctionnalité des sols par leur épaisseur. C'est en effet un critère alternatif pertinent : un sol épais sera plus à même de stocker de l'eau, du carbone, de permettre à elles être assurée dès lors que le sol n'est pas imperméabilisé. En prenant comme hypothèse que les sols végétalisés en milieux urbains ont fait l'objet d'aménagements, la hauteur de végétation est un indice de l'épaisseur du sol qui la supporte. Les espaces présentant une végétation haute ont ainsi été considérés comme les espaces les plus fonctionnels (Cerema, 2021). Les données sur les hauteurs de végétations sont également issues d'une étude ultérieure réalisée par l'IPR en 2015.

Troisième étape, la méthode propose de s'intéresser à la dureté foncière, c'est-à-dire le degré de difficulté à acquérir et à mobiliser du foncier compte tenu de différents paramètres de caractéristiques foncières (découpage parcellaire, nombre et nature des propriétaires, partage des droits de propriétés, caractéristiques de la parcelle). L'étude propose de hiérarchiser la mutabilité des espaces selon différents critères parmi lesquels le zonage du PLU (zone U et AU), les espaces publics en multipropriétés et les espaces privés en monopropriété, les espaces avec un Coefficients d'Occupation des Sols (COS) inférieurs à 20% et les espaces considérés comme des friches (Cerema, 2021).

Le croisement des différentes étapes ci-dessus permet de mettre en avant différents secteurs prioritaires pour la renaturation.

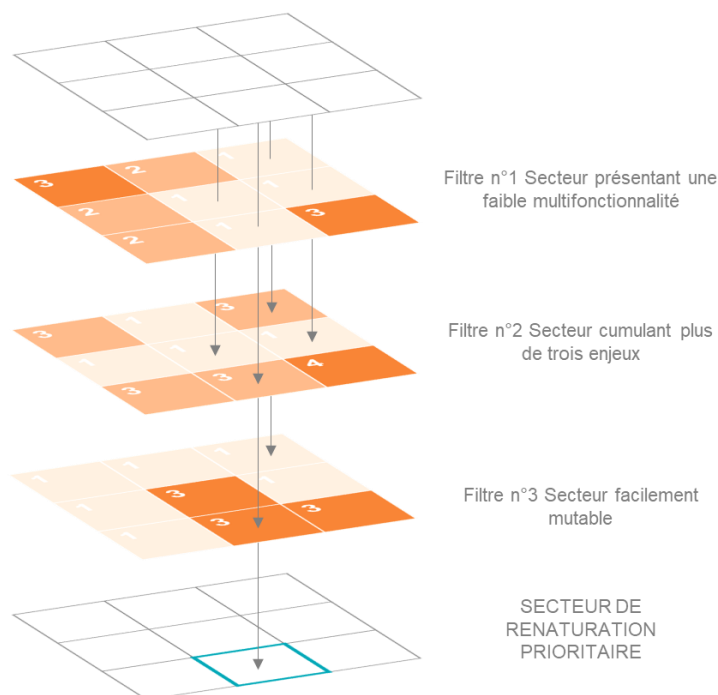


Figure 13 : Schéma d'identification des secteurs de renaturation prioritaires (Mélina Clot)

Si cette étude ressemble donc à celle du projet REGREEN sur l'identification des secteurs cumulant les enjeux, elle s'avère plus complète d'un point de vue opérationnel. Le filtre mutabilité du foncier permet en effet d'indiquer la faisabilité de la démarche de renaturation, et également de prévoir la temporalité de cette démarche. Si la collectivité veut agir sur un espace en multipropriété, la maîtrise foncière risque de ne pas être possible avant une longue période. Prendre en compte la mutabilité du foncier permettrait également d'estimer la contribution potentielle d'un territoire à l'objectif ZAN en précisant quels espaces sont disponibles pour ce faire et dans quel laps de temps.

Inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique

Enfin, une dernière étude en cours de réalisation peut être mentionnée comme source d'inspiration : l'inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique. Cet inventaire a été prévu dans le cadre de l'article 70 de la loi n°2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et du paysage. En coordination avec les instances compétentes locales et l'Observatoire des espaces naturels, agricoles et forestiers, l'Office Français de la Biodiversité est en train d'identifier les espaces naturels à fort potentiel de gain écologique appartenant à des personnes morales de droit public, ainsi que les parcelles en état d'abandon, susceptibles d'être mobilisées pour mettre en œuvre des mesures de compensation.

Si cet inventaire identifie des parcelles naturelles ou semi-naturelles, qui, s'ils elles étaient restaurées, ne contenaient surement pas comme de la renaturation au sens de l'objectif ZAN, les critères d'identification restent intéressants. Pour identifier ces sites, l'étude se base en effet sur leurs caractères intrinsèques comme la présence d'espèces exotiques envahissantes, la présence d'un remblai de zones humides, la présence de sols artificialisés, de dépôts divers... En complément, l'inventaire prendra également en compte le contexte paysager du site comme sa proximité avec les réservoirs de biodiversité, la connectivité avec ces mêmes réservoirs (Office Français de la Biodiversité, 2021).

3. L'identification d'espaces stratégiques de renaturation, vers la construction d'un outil géomatique

3.1. Présentation de la méthode retenue

Principes

Trois étapes pour l'identification des sites stratégiques de renaturation semblent ainsi se dégager lors de l'étude de la bibliographie disponible. Il s'agit dans un premier temps de mettre en évidence les espaces peu fonctionnels d'un point de vue écologique. Cette dysfonction est appréhendée par diverses méthodes : photo-interprétation


(Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021), approximation par la hauteur du couvert végétal (Cerema, 2022), rassemblement d'informations concernant les caractéristiques intrinsèques du site (Office Français de la Biodiversité, 2021). Dans un second temps, il s'agit d'identifier les secteurs cumulant des enjeux auxquels la renaturation peut répondre (îlot de chaleur urbain, ruissèlement, carence en espaces verts, qualité de l'air...). Ces informations sont issues de données géospatiales diverses, recueillies auprès des territoires d'étude ou disponible à l'échelle départementale ou nationale en ligne. Enfin, il s'agit de caractériser la mutabilité du foncier pour estimer le pouvoir d'action des collectivités ou d'autres organismes. Ces trois étapes ont été retenues comme fil conducteur pour l'élaboration d'un outil géomatique. La suite de ce rapport présente un premier essai de cet outil.

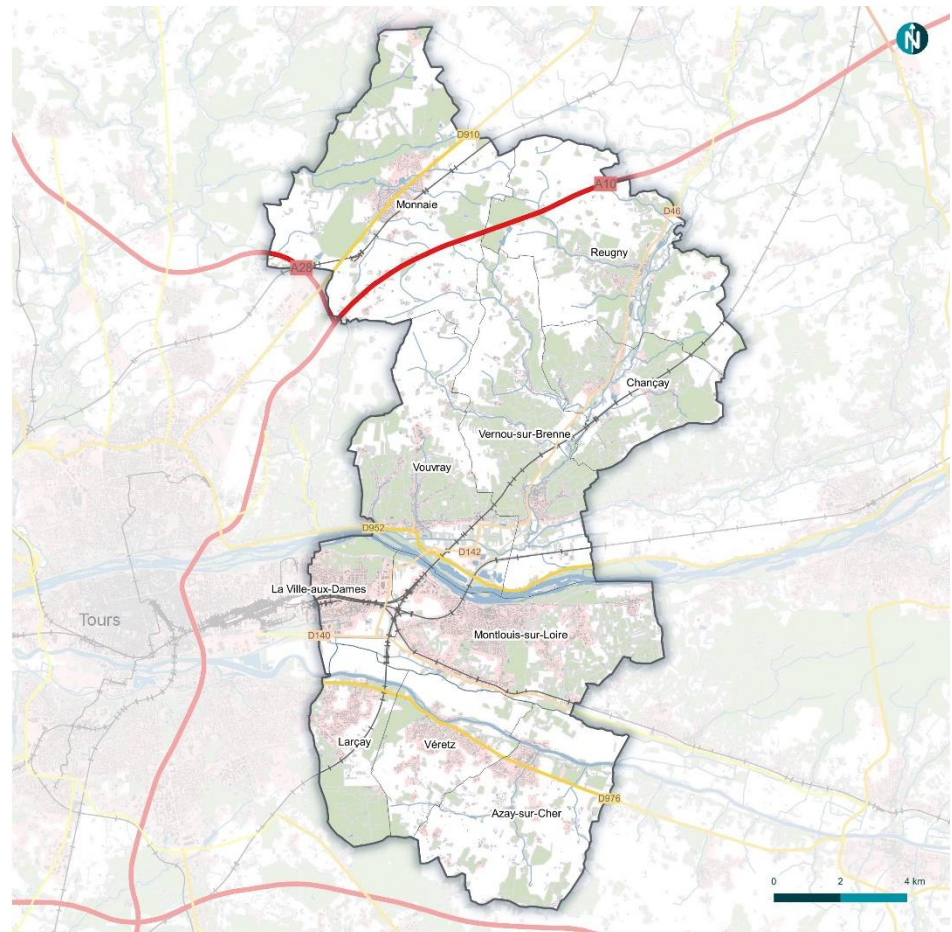
La mise en place d'un outil géomatique d'identification des secteurs stratégiques de renaturation est de plus conditionnée aux données géographiques disponibles. Les études mentionnées plus haut ont en effet été réalisées par des organismes publics disposant de nombreux jeux de données d'études ultérieures (hauteur de végétation en Ile-de-France, vulnérabilité à l'effet îlot de chaleur urbain) non disponibles pour d'autres territoires. Afin de garantir la reproductibilité de la méthode sur d'autres territoires que le territoire test présenté plus bas, le choix a été fait de n'utiliser que des données facilement accessibles sur l'ensemble du territoire métropolitain, ou du moins en Région Centre-Val de Loire, région principale d'action de l'agence Centre.

Territoire d'étude

La méthode a été testée sur le territoire de la communauté de communes Touraine-Est Vallées (Carte 1). Intercommunalité périurbaine voisine de la métropole de Tours, est constituée de dix communes et abritait, en 2019, 40 118 habitants (INSEE, 2020).

Occupation des sols de la communauté de communes Touraine-Est Vallées

-  Limites communales
- Occupation du sol**
 -  Zone bâtie
 -  Zone d'habitation ou d'activités
 -  Zone agricole
 -  Zone naturelle
 -  Surface en eau
- Infrastructure de transport**
 -  Voie ferrée
 - Réseau routier principal**
 -  Autoroute
 -  Nationale
 -  Départementale principale
 -  Départementale



Carte 1 : Occupation des sols de la communauté de commune Touraine-Est Vallées

L'identification des secteurs stratégiques de renaturation a été réalisée en utilisant une grille de recherche de 125 mètres par 125 mètres. Cette échelle présente deux avantages : une identification des enjeux à une échelle inférieure à celle d'un quartier, tout en permettant des temps de calculs raisonnables (Figure 14).



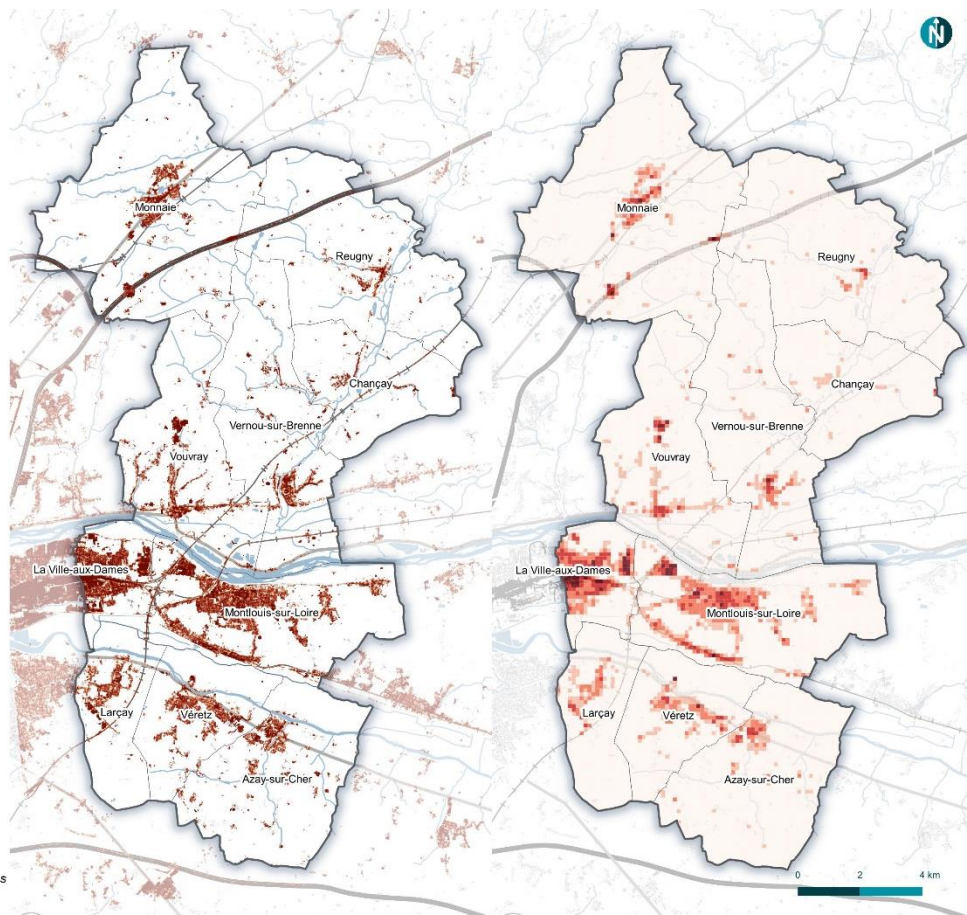
Figure 14 : Grille de recherche des secteurs stratégiques de renaturation

Critères d'identification

En premier lieu de l'identification des secteurs stratégiques pour la renaturation, les secteurs dont les sols sont a priori peu fonctionnels ont été mis en évidence. Les données sur la fonctionnalité des sols sont très peu nombreuses à l'heure actuelle. Si les Référentiels Régionaux Pédologiques (RRP) constituent une source d'information sur les sols naturels, il n'existe, à ce jour, aucune base de données référençant les sols urbains et leurs caractéristiques. C'est cependant surtout les sols en milieu urbain qui seront identifiés, dans le cadre de l'objectif ZAN, comme des espaces artificialisés et pourront donc faire l'objet d'une renaturation au sens de la loi. Pour estimer les espaces artificialisés devant faire l'objet d'une renaturation prioritaire, les données d'imperméabilisation des sols, de la présence de couvert végétal herbacé et arboré ont été utilisées. Ces données sont issues du programme Copernicus Global Land Service, programme européen d'observation de la terre qui a produit en 2018 des données relatives au couvert du sol sur l'ensemble du territoire de l'union européenne. Elles sont en libre accès en ligne, sous forme de raster. De même que dans l'étude réalisée par le Cerema en 2022 sur le territoire francilien, l'hypothèse retenue est que le couvert du sol traduit une partie de sa fonctionnalité. Ainsi, à partir des données rasters, des données vecteurs ont été extraite en moyennant les valeurs par maille. Pour chaque maille, la part du couvert herbacé, arboré et imperméabilisé est ainsi obtenue.

Imperméabilisation des sols

- Limites communales
- Imperméabilisation des sols (en %)**
 - Entre 0 et 20%
 - Entre 20 et 40%
 - Entre 40 et 60%
 - Entre 60 et 80%
 - Entre 80 et 100%
- Intensité d'imperméabilité des sols**
 - Sol perméable
 - Sol faiblement perméable
 - Sol moyennement perméable
 - Sol fortement imperméable
 - Sol imperméable
- Occupation du sol**
 - Zone bâtie
 - Surface en eau
- Infrastructure de transport**
 - Voie ferrée
 - Réseau routier principal
 - Autoroute
 - Nationale
 - Départementale



biotope
Source : IGN BDtopo (2022); Copernicus (2018) retraitées
Auteur : Mélina Clot

Carte 2 : Vectorisation du raster imperméabilité des sols

En comparant la part du couvert herbacé, du couvert arboré et le taux de sol artificialisé par maille on obtient le couvert dominant, et on peut ainsi en déduire la fonctionnalité associée des espaces urbains. Les espaces agricoles n'étant pas pris en compte par les données Copernicus, et ne pouvant faire l'objet d'une renaturation dans le cadre de l'objectif ZAN, ils constituent une couverture à part dans le cadre de l'identification de la couverture dominante (Carte 3).

La seconde étape de l'identification des secteurs stratégiques de renaturation est celle de la mise en évidence des mailles cumulant des enjeux auxquels peut répondre la renaturation. Elle peut tout d'abord être un atout dans la lutte contre les inondations, par ruissèlement ou débordement de cours d'eau. A cet égard ont été utilisées les données relatives au risque de remondée de nappes disponibles à l'échelle nationale, ainsi que les zones soumises à un Plan de Prévention du Risque Inondation (PPRI). Les zones concernées par un des deux aléas sont considérées comme des zones vulnérables aux risques inondations.

Concernant les risques pouvant impacter les populations, les deux études citées précédemment prennent en compte la vulnérabilité du territoire aux effets d'îlots de chaleur urbains. La renaturation, et notamment sa dernière étape, la revégétalisation, permet en effet de lutter contre ce phénomène, la végétation ayant deux effets majeurs : elle rafraîchit l'air ambiant par évapotranspiration et crée des zones d'ombre qui emmagasineront ainsi moins de chaleur que si elles n'étaient ombragées (Clergeau, 2020). Si une thermographie du territoire a été réalisée à l'échelle de la communauté de communes, les données n'ont pu être transmises dans le cadre de ce projet, car trop importantes pour être transférer. Le phénomène d'îlot de chaleur urbain n'a donc pas été étudié.

Les projets de renaturation peuvent également être l'occasion de renforcer les continuités écologiques, essentielles dans la préservation de la biodiversité. Les corridors écologiques identifiés dans le cadre de la trame verte et bleue intercommunale ont donc été considérés comme des secteurs à enjeux pour la préservation de la biodiversité.

La qualité de vie est également un facteur sur lequel la renaturation peut jouer en participant à la diminution de la concentration de particules fines dans l'air (Prigioniero, 2021). Si la pollution de l'air peut être évaluée par de nombreux facteurs (ozone, dioxyde d'azote, dioxyde de soufre...), la concentration en particule fine (PM2,5) est responsable de nombreux décès en France (Pascal et al, 2016). Les données relatives à la concentration de PM2,5 ont donc été étudiées dans le cadre de l'enjeu qualité de vie. Néanmoins, la qualité de l'air étant globalement bonne sur le territoire et ne dépassant ni la valeur de qualité, ni la valeur limite réglementaire, ce paramètre n'a pas eu d'influence dans l'évaluation des secteurs à enjeux. Les données relatives à l'accessibilité aux espaces verts, mentionné dans les deux études présentées plus-haut, ne sont pas disponibles sur le territoire et n'ont donc pas été utilisées ici. Les cartes de bruit stratégiques d'Indre-et-Loire permettent d'identifier les secteurs concernés par les nuisances sonores. Il s'agit de zone tampon autour des axes routiers ou ferroviaires fréquentés. C'est ce critère cumulé à la qualité de l'air qui a permis de localiser l'enjeu amélioration de la qualité de vie.

Les critères ci-dessous ont été utilisés pour l'identification d'enjeu sur le territoire de la communauté de communes Touraine-Est Vallées (Tableau 5).

Tableau 5 : Critères retenus pour l'identification des secteurs à enjeux

Enjeux	Données
Vulnérabilité aux risques inondations	Zones soumises au PPRI (PPRI de la Loire et du Cher, 2013), Aléa remontée de nappe (Géorisques, 2022)
Vulnérabilité à l'effet îlot de chaleur urbain	Thermographie du territoire (Communauté de communes Touraine-Est Vallées, 2022)
Préservation des continuités écologiques	Trame verte et bleue locale (Biotopie, 2022)
Amélioration de la qualité de vie	Nuisances sonores associées aux infrastructures de transport (Carte de Bruit Stratégiques de l'Indre-et-Loire, DDT 37), Qualité de l'air (Lig'Air, 2022)

Dernière étape de l'identification des sites stratégiques de renaturation, l'étude de la mutabilité du foncier. Cette partie n'a pas été réalisée sur le territoire d'étude, faute de données disponibles facilement. Néanmoins, d'un point de vue théorique, il est intéressant de citer les espaces pouvant être facilement mutables. De manière non exhaustive et selon les différentes sources consultées, le foncier facilement mutable est dépendant tout d'abord de son propriétaire. Les sites relevant de la propriété publique ou étant privé et en monopropriété apparaissent en effet plus facilement convertissable, la collectivité pouvant accéder aux surfaces sur des temps plus courts (DRIEA94, 2012). La propriété du foncier est répertoriée dans les fichiers MAJIC mis à disposition sous conditions par Direction Générale des Finances Publiques (DGFIP). Ainsi les parcelles appartenant à l'état, aux Régions, aux Départements ou encore aux Communes peuvent être envisagées dans un premier temps. Les

parcelles des Etablissements Publics Fonciers, celles relevant du réseau ferré, du réseau électrique, ou du réseau de gaz peuvent également être pertinentes (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021). Le zonage du PLUi, en cours de réalisation sur le territoire de la communauté de communes Touraine-Est Vallée, est également un indicateur de la mutabilité des espaces, puisque le règlement précisera les terrains pouvant faire l'objet d'aménagement.

3.2. Principaux résultats et limites de l'outil

Résultats

Plusieurs cartographies sont obtenues à la suite des deux étapes de la méthode : l'identification du couvert dominant et des secteurs cumulant des enjeux. Le croisement des deux données permet d'obtenir les résultats suivants (Carte 3, Carte 4 et Carte 5).

Tableau 6 : Résultat du croisement des secteurs à enjeux et du couvert dominant au sein de chaque maille (en nombre de mailles)

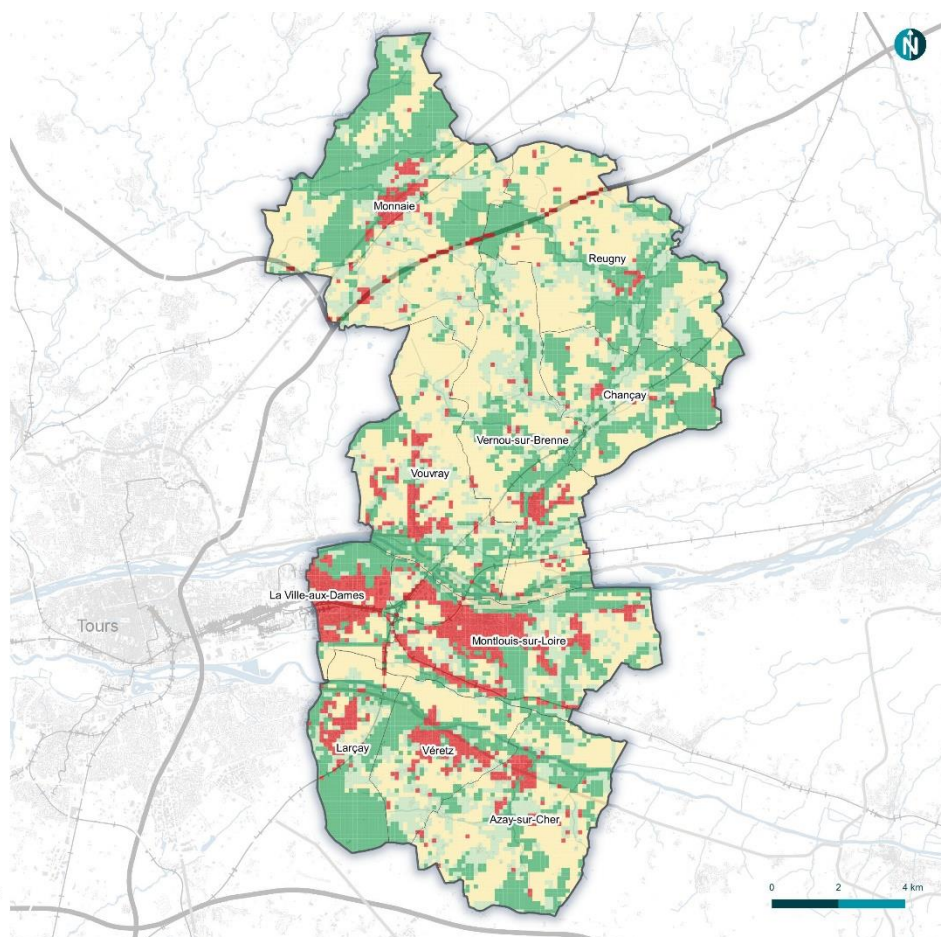
		Couvert dominant		
		Imperméable	Herbacé	Arboré
Nombre d'enjeux	1	1640	822	413
	2	775	450	330
	3	139	72	38

Couvert dominant par maille

-  Limites communales
- Couvert dominant
 -  Couvert arboré
 -  Couvert herbacé
 -  Couvert imperméable
- Zone agricole
 -  Zone agricole
- Occupation du sol
 -  Zone bâtie
 -  Surface en eau
- Infrastructure de transport
 -  Voie ferrée
 -  Réseau routier principal
 -  Autoroute
 -  Nationale
 -  Départementale



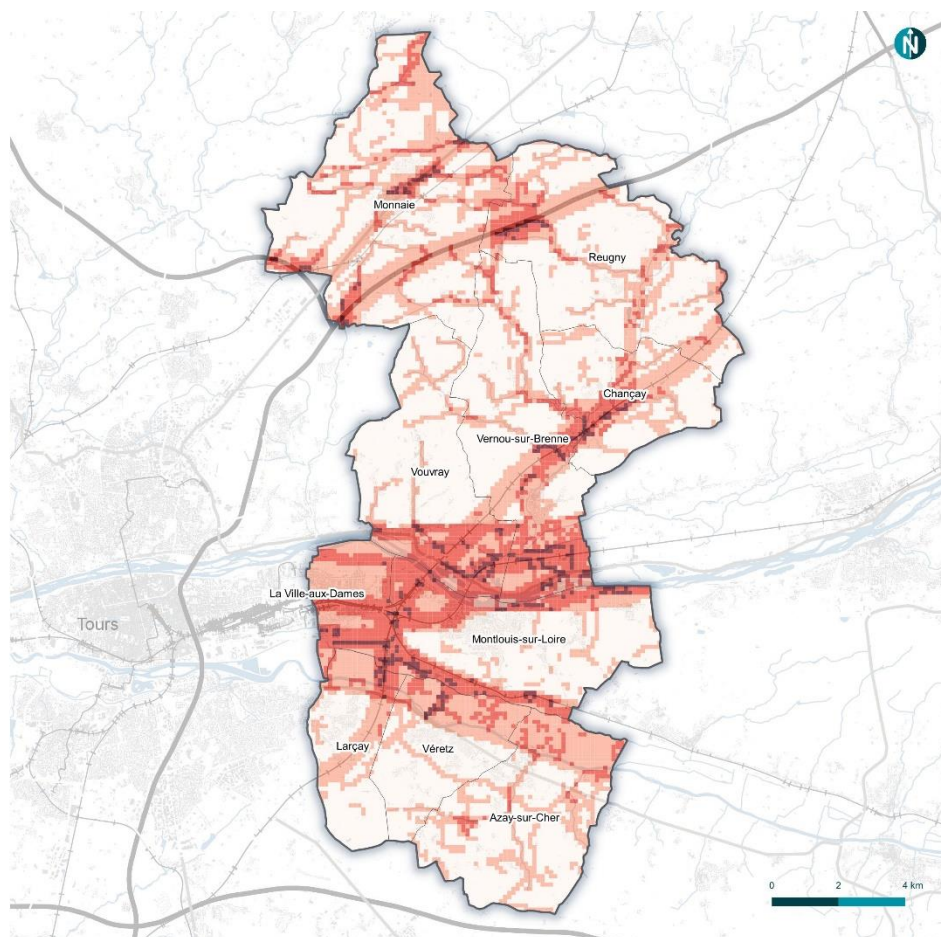
Source : IGN BDtopo (2022); Copernicus (2018) retraitées
Auteur : Mélina Clot



Carte 3 : Couvert dominant par maille

Identification des secteurs à enjeux

- Limites communales
- Cumul des enjeux par maille**
- Aucun enjeu identifié selon les critères retenus
 - 1 Enjeu identifié
 - 2 Enjeux identifiés
 - 3 Enjeux identifiés

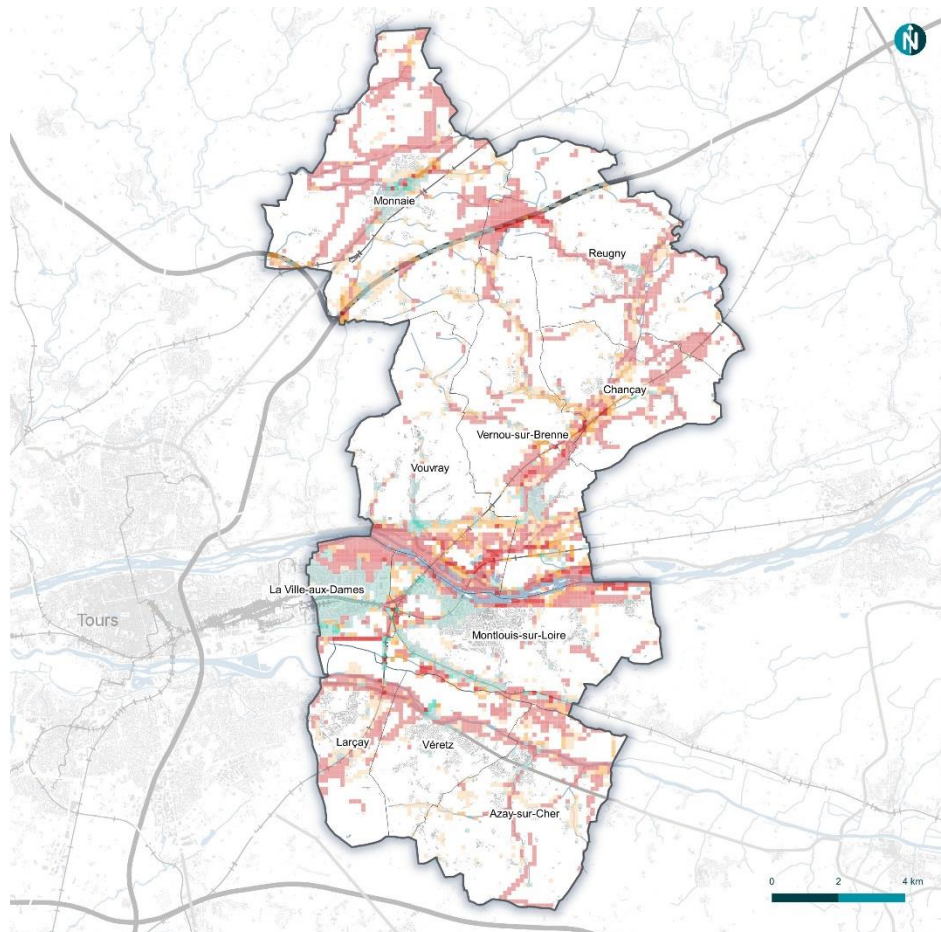


Source : Géoportail (2022), PPRI de la Loire et du Cher (2013) lig'Air (2022), Biotopie (2022), DDT37 (2018)
 Auteur : Méline Clot

Carte 4 : Identification des secteurs à enjeux

Croisement des secteurs à enjeux et du couvert dominant

- Limites communales
- Zone arborée à un enjeu
 - Zone arborée à deux enjeux
 - Zone arborée à trois enjeux
 - Zone herbacée à un enjeu
 - Zone herbacée à deux enjeux
 - Zone herbacée à trois enjeux
 - Zone imperméabilisée à un enjeu
 - Zone imperméabilisée à deux enjeux
 - Zone imperméabilisée à trois enjeux



Source : Biotopie (2022), Copernicus (2018), Géosques (2022)
 Auteur : Méline Clot

Carte 5 : Croisement des secteurs à enjeux et du couvert dominant

Les secteurs stratégiques se répartissent le long de la vallée de la Loire (sujette au risque inondation), ainsi que le long des autres cours d'eau (Brenne, Cher). Les 139 mailles étant concernées par un couvert dominant imperméable ainsi que présentant trois enjeux cumulés peuvent être des lieux d'action prioritaires. Ils se répartissent majoritairement au centre du territoire, sur les communes de Vernou-sur-Brenne et Vouvray. La photo-interprétation de ces mailles peut être une première lecture pour envisager les secteurs pouvant faire l'objet d'une désimperperméabilisation (cercles rouges sur la Figure 15 (a) et (b) ci-dessous), étape souvent nécessaire dans le processus de renaturation.



Figure 15 : Secteurs en milieu urbain présentant plusieurs enjeux et un couvert dominant imperméable (en rouge, les espaces pouvant être à priorir désimperperméabilisés)

Certaines de ces mailles ne présentent toutefois pas de surface pouvant faire l'objet d'une désimperperméabilisation évidente au premier abord (Figure 15 (c)). Si le couvert dominant est bien un couvert imperméable qui cumule les trois enjeux (risque de d'inondation de cave, présence d'une continuité écologique et proximité avec un axe routier engendrant des nuisances sonores) le tissu urbain semble peut mobilisable dans le cadre d'une opération de renaturation. La photo-interprétation montre ainsi facilement ses limites. L'étude de la mutabilité du foncier, dernier paramètre à prendre en compte, pourrait ainsi être effectuée sur les parcelles mises en évidences par le croisement des secteurs à enjeux et des secteurs majoritairement imperméabilisés. Les surfaces mutables seraient identifiées de manière plus précise.

En fonction de l'objectif souhaité (lutter contre les risques inondations, renforcer les continuités écologiques...), les mailles à sélectionner ne sont pas les mêmes.

Limites et pistes d'amélioration

Dans le cadre de l'objectif ZAN, les secteurs considérés comme artificialisés, et pouvant donc faire l'objet d'une renaturation, ne sont pas encore connus, puisque le référentiel OSC-GE n'est pour le moment pas disponible en région Centre-Val de Loire. Néanmoins, ils devraient concerner en priorité les milieux urbains. Les 139 mailles sectionnées dans le cadre du croisement, se basant surtout sur des enjeux identifiés majoritairement en milieu semi naturel (continuités écologiques, bord des cours d'eau présentant un risque inondation), mettent surtout en évidence des secteurs d'ores et déjà considérés comme non-artificialisés dans le cadre de l'objectif ZAN. Pour rendre la méthode pertinente en milieu urbain, plus de données concernant ces milieux doivent être prise en compte. Les données relatives aux effets îlot de chaleur urbains, n'ayant pas pu être traitées dans le cadre de ce rapport, ou encore des données sur les espaces verts publics seraient tout particulièrement intéressantes. Il pourrait être envisagé de créer à cet égard une grille des données disponibles à l'échelle d'un territoire avant tout identification des secteurs stratégiques de renaturation. Une première analyse de cette grille permettrait d'estimer la qualité de l'étude pouvant être réalisée, et des données supplémentaires à recueillir auprès de différents organismes pour renforcer sa cohérence.

La mutabilité du foncier n'a de plus pas été étudiée dans le cadre de ce rapport. Pour permettre une opérationnalité de la méthode, c'est cependant un facteur essentiel qu'il faudra prendre en compte. A cet égard, un rapprochement pourrait être intéressant avec la filiale Biotopie Archipel, travaillant sur l'identification de secteurs propices pour la compensation en partenariat avec la SAFER, opérateur foncier du territoire francilien disposant d'outils de connaissance et de maîtrise foncière. Archipel accompagne en effet les maîtres d'ouvrage dans la définition et la mise en œuvre de compensation, lorsque l'application de la séquence ERC a conclu à la nécessité d'un besoin compensatoire. Pour ce faire, elle identifie le foncier pertinent et éligible dans le cadre de cette compensation, en se basant sur diverses sources (conventions de veille foncière, experts fonciers par département...).

Conclusion

Au cœur de l'actualité législative lors de la réalisation du stage, l'objectif ZAN invite à repenser les modèles classiques d'aménagement en extension urbaine et à faire de la lutte contre l'artificialisation une priorité. Si l'objectif est nécessaire, aux vues des conséquences dommageables de l'artificialisation des sols sur la santé humaine et la biodiversité, les trajectoires et outils pour atteindre cet objectif sont encore à élaborer. Introduite comme pendant à l'artificialisation nette des sols, la renaturation sera un levier d'action des territoires. Cependant, le peu de données disponibles sur la renaturation décrivent un processus long, coûteux et aux résultats peu certains. Il est donc nécessaire de développer des connaissances approfondies sur la renaturation, afin de rendre son utilisation possible dans le cadre de l'objectif ZAN. A cet égard, plusieurs méthodologies sur l'identification de secteurs stratégiques de renaturation ont été développée récemment. Ce rapport a été l'occasion de s'approprier ces méthodes pour construire un outil géomatique pertinent et de tester ses résultats sur un territoire d'essai. Le modèle est encore au stade d'essai et de nombreuses améliorations devront être apportées, mais permet d'ores et déjà une sélection des critères globaux à prendre en compte pour mettre en évidence des sites propices à la renaturation.

Bibliographie

- a'urba. (2021, novembre). Le foncier en questions : décrypter le ZAN. Agence d'urbanisme Bordeaux Aquitaine. https://www.aurba.org/wp-content/uploads/2021/11/aurba_2021_decrypter-ZAN.pdf
- AMF. (2022, 22 juillet). Décrets Climat et résilience (ZAN) : l'AMF saisit le Conseil d'Etat. Association des Maires de France et des présidents d'intercommunalité de France - AMF. Consulté le 9 juillet 2022, à l'adresse <https://www.amf.asso.fr/documents-decrets-climat-resilience-zan-lamf-saisit-conseil-detat/41279>
- Bourdeau-Lepage, L. (2019). De l'intérêt pour la nature en ville. Revue d'Économie Régionale & ; Urbaine, Décembre(5), 893-911. <https://doi.org/10.3917/reru.195.0893>
- Cerema. (2018, 27 juillet). 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. (2019, 17 novembre). L'occupation du sol à la loupe avec l'OCS GE. Consulté le 29 juin 2022, à l'adresse <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/newsletters/signature/signature-69-artificialisation-sols-sa-mesure/occupation-du-sol-loupe-ocs-ge>
- Cerema. (2021, mai). Mai 2021 RAPPORT D'ETUDE Identification du potentiel de renaturation à l'échelle de l'unité urbaine parisienne. https://www.cerema.fr/system/files/documents/2022/05/2021_t1_etude_renaturation_unite_urbaine_parisienne_version_en_ligne.pdf
- Cerema. (2022a, mai). Mesure de la consommation d'espaces à l'aide des Fichiers Fonciers - Définition, précisions méthodologiques, limites et précautions d'interprétation. https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/sites/artificialisation/files/fichiers/2022/06/definition%20consommation%20espaces%20V4_ok.pdf
- Cerema. (2022b, 10 mai). ZAN et évaluation des sols : Lancement du réseau d'échanges Slack dans le cadre du projet e-sol. Consulté le 10 juillet 2022, à l'adresse <https://www.cerema.fr/fr/actualites/zan-evaluation-sols-lancement-du-reseau-echanges-slack-cadre>
- Chenot, J. (2018). Réhabilitation écologique d'écosystèmes dégradés par l'exploitation des carrières : faire avec, refaire ou laisser faire la nature ? Université d'Avignon - Biologie végétale. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02070639>
- Clergeau, P. (2020). Urbanisme et biodiversité : Vers un paysage vivant structurant le projet urbain. Edition Apogée.
- Commissariat général au développement durable. (2019, décembre). *Trajectoires vers l'objectif « zéro artificialisation nette » - éléments de méthode*. Ministère de la Transition Ecologique. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Th%C3%A9ma%20-%20Trajectoires%20vers%20l%E2%80%99objectif%20z%C3%A9ro%20artificialisation%20nette.pdf>
- Deboeuf De Los Rios Serrano, G. (2021). Désimperméabilisation et renaturation des sols en milieux urbains : une estimation du potentiel en Île-de-France. ARB. https://www.arb-idf.fr/fileadmin/DataStorage/user_upload/Rapport_Gaetane_ARBidF_IEESParis.pdf
- Desrousseaux, M., & Schmitt, B. (2018). Réduire l'impact de l'artificialisation des sols. L'Économie politique, N° 78(2), 54. <https://doi.org/10.3917/leco.078.0054>
- DRIEA94. (2012, décembre). *Repérage du foncier mutable dans le Val de Marne*. http://www.geoinformations.developpement-durable.gouv.fr/fichier/pdf/Methodo_FoncierMutable_synthese_31122012_cle74e314.pdf?arg=177830813&cle=b41dea34d4dd9ac32e5c9e2b81d473752b3a175b&file=pdf%2FMethodo_FoncierMutable_synthese_31122012_cle74e314.pdf
- Office Français de la Biodiversité. (2021). *Inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique*. ERC Biodiversité. <https://erc-biodiversite.ofb.fr/erc/compenser/methodes-et-outils/inventaire-des-sites-fort-potentiel-de-gain-ecologique>

- France Stratégie. (2019, juillet). Objectif « Zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? <https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-dt-zero-artificialisation-nette-octobre-2019.pdf>
- Geoffroy, D., Fontaine, B., & Besnard, A. (2020). Quelle biodiversité urbaine est observée sur les espaces verts, les friches et les cimetières ? Une illustration à Grenoble. *Naturae*, 10. <https://doi.org/10.5852/naturae2020a10>
- Guilland C., Maron P.-A., Damas O. et Ranjard I. (2018) La biodiversité des sols urbains au service des villes durables, 25, 59-77 https://www.afes.fr/wp-content/uploads/2018/09/EGS_2018_Guilland-59-78.pdf
- Leconte, C., & Grisot, S. (2022). *Réparons la ville !* Editions Apogées.
- Lemoine, G. (2017). Usages temporaires des friches urbaines de l'Établissement public foncier Nord – Pas-de-Calais : une contribution aux villes durables ? *Techniques Sciences Méthodes*, 3, 51-59. <https://doi.org/10.1051/tsm/20173051>
- Ministère de la Transition Ecologique. (2021a). *Guide pratique pour limiter l'artificialisation des sols*. https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/sites/artificialisation/files/inline-files/Guide_Pratique_Artif_complet.pdf
- Ministère de la Transition Ecologique. (2021b). *Le suivi de la consommation des espaces NAF*. Portail de l'artificialisation des sols. Consulté le 27 avril 2022, à l'adresse <https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/suivi-consommation-espaces-naf>
- Ministère de la Transition Ecologique. (2021,c). *La lutte contre l'artificialisation des sols*. https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/fiche_lutte_contre_artificialisation_des_sols.pdf
- Ministère de la transition écologique. (2018). *Inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique*. ERC-Biodiversité. Consulté le 7 août 2022, à l'adresse <https://erc-biodiversite.ofb.fr/erc/compenser/methodes-et-outils/inventaire-des-sites-fort-potentiel-de-gain-ecologique>
- Mission économie de la Biodiversité. (2021, avril). Biodiv'2050 - Mise en œuvre de l'objectif de Zéro artificialisation nette à l'échelle des territoires. <https://www.mission-economie-biodiversite.com/wp-content/uploads/2021/04/BIODIV-2050-N21-FR-MD-WEB-3.pdf>
- Padilla, B., Guillet, F., & Gelot, S. (2022, 2 mai). *Objectif ZAN : comment tenir les comptes ?* The Conversation. Consulté le 9 juillet 2022, à l'adresse <https://theconversation.com/objectif-zan-comment-tenir-les-comptes-181731>
- Pascal, M., Gorla, S., Wagner, V., Sabastia, M., Guillet, A., Cordeau, E., ... & Host, S. (2021). Greening is a promising but likely insufficient adaptation strategy to limit the health impacts of extreme heat. *Environment international*, 151, 106441.
- Picot, D. (2022a, juin 2). Les conférences des Scot au pas de course contre l'artificialisation. *La Gazette des Communes*. <https://www.lagazettedescommunes.com/808253/les-conferences-des-scot-au-pas-de-course-contre-lartificialisation/>
- Picot, D. (2022b, juillet 1). Quels moyens financiers pour le ZAN ? *La Gazette des Communes*. <https://www.lagazettedescommunes.com/815965/quels-moyens-financiers-pour-le-zan/>
- Prigioniero, A., Zuzolo, D., Niinemets, Ü., & Guarino, C. (2021). Nature-Based Solutions as tools for air phytoremediation: a review of the current knowledge and gaps. *Environmental Pollution*, 116817.
- Schaufuß, D. (2020). Isar-Plan, water management plan and restoration of the Isar river, Munich. Climate-ADAPT. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/case-studies/isar-plan-2013-water-management-plan-and-restoration-of-the-isar-river-munich-germany>
- Shwartz, A. (2011). Comparaison de la diversité spécifique entre des friches, espaces non gérés et des jardins, espaces gérés. *Friches urbaines et biodiversité*, Rencontres de Natureparif. 32p
- Rozec, T. (2019). Dans la forêt vierge de Dunkerque. Binge Audio. <https://www.binge.audio/podcast/programme-b/dans-la-foret-vierge-de-dunkerque>
- A référencer : https://www.youtube.com/watch?v=Ctipwtstq_Q

Liste des abréviations

AMF	Association des Maires de France
AE	Autorité Environnementale
CC	Carte Communale
CNRS	Centre National de la Recherche Scientifique
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement
ENAF	Espaces Naturels Agricoles et Forestiers
EPF	Etablissement Foncier Public
ERC	Eviter Réduire Compenser
OFB	Office Français de la Biodiversité
PLU(i)	Plan Local de l'Urbanisme (Intercommunal)
PADD	Projet d'Aménagement et de Développement Durable
SAFER	Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural
SCoT	Schéma de Cohérence Territoriale
SIG	Système d'Information Géographique
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Egalité des Territoires
ZAN	Zéro Artificialisation Nette

Annexes

Annexe 1 : Article L.101-2 du Code de l'Urbanisme – Version en vigueur depuis le 25 août 2021 – modifié par la loi n°2021-1104 du 22 août 2021 – art.192

Dans le respect des objectifs du développement durable, l'action des collectivités publiques en matière d'urbanisme vise à atteindre les objectifs suivants :

1° L'équilibre entre :

- a) Les populations résidant dans les zones urbaines et rurales ;
- b) Le renouvellement urbain, le développement urbain **et rural** maîtrisé, la restructuration des espaces urbanisés, la revitalisation des centres urbains et ruraux, la lutte contre l'étalement urbain ;
- c) Une utilisation économe des espaces naturels, la préservation des espaces affectés aux activités agricoles et forestières et la protection des sites, des milieux et paysages naturels ;
- d) La sauvegarde des ensembles urbains et la protection, la conservation et la restauration du patrimoine culturel ;
- e) Les besoins en matière de mobilité ;

2° La qualité urbaine, architecturale et paysagère, notamment des entrées de ville ;

3° La diversité des fonctions urbaines et rurales et la mixité sociale dans l'habitat, en prévoyant des capacités de construction et de réhabilitation suffisantes pour la satisfaction, sans discrimination, des besoins présents et futurs de l'ensemble des modes d'habitat, d'activités économiques, touristiques, sportives, culturelles et d'intérêt général ainsi que d'équipements publics et d'équipement commercial, en tenant compte en particulier des objectifs de répartition géographiquement équilibrée entre emploi, habitat, commerces et services, d'amélioration des performances énergétiques, de développement des communications électroniques, de diminution des obligations de déplacements motorisés et de développement des transports alternatifs à l'usage individuel de l'automobile ;

4° La sécurité et la salubrité publiques ;

5° La prévention des risques naturels prévisibles, des risques miniers, des risques technologiques, des pollutions et des nuisances de toute nature ;

6° La protection des milieux naturels et des paysages, la préservation de la qualité de l'air, de l'eau, du sol et du sous-sol, des ressources naturelles, de la biodiversité, des écosystèmes, des espaces verts ainsi que la création, la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques ;

6° bis La lutte contre l'artificialisation des sols, avec un objectif d'absence d'artificialisation nette à terme ;

7° La lutte contre le changement climatique et l'adaptation à ce changement, la réduction des émissions de gaz à effet de serre, l'économie des ressources fossiles, la maîtrise de l'énergie et la production énergétique à partir de sources renouvelables ;

8° La promotion du principe de conception universelle pour une société inclusive vis-à-vis des personnes en situation de handicap ou en perte d'autonomie dans les zones urbaines et rurales.

Annexe 2 : Article L.101-2-1 du Code de l'Urbanisme – Version en vigueur depuis le 25 août 2021 – créé par la loi n°2021-1104 du 22 août 2021 – art.192

L'atteinte des objectifs mentionnés au 6° bis de l'article L. 101-2 résulte de l'équilibre entre :

- 1° La maîtrise de l'étalement urbain ;
- 2° Le renouvellement urbain ;
- 3° L'optimisation de la densité des espaces urbanisés ;
- 4° La qualité urbaine ;
- 5° La préservation et la restauration de la biodiversité et de la nature en ville ;
- 6° La protection des sols des espaces naturels, agricoles et forestiers ;
- 7° La renaturation des sols artificialisés.

L'artificialisation est définie comme 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.

La renaturation d'un sol, ou désartificialisation, consiste en des actions ou des opérations de restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé.

L'artificialisation nette des sols est définie comme le solde de l'artificialisation et de la renaturation des sols constatées sur un périmètre et sur une période donnée.

Au sein des documents de planification et d'urbanisme, lorsque la loi ou le règlement prévoit des objectifs de réduction de l'artificialisation des sols ou de son rythme, ces objectifs sont fixés et évalués en considérant comme :

a) Artificialisée une surface dont les sols sont soit imperméabilisés en raison du bâti ou d'un revêtement, soit stabilisés et compactés, soit constitués de matériaux composites ;

b) Non artificialisée une surface soit naturelle, nue ou couverte d'eau, soit végétalisée, constituant un habitat naturel ou utilisée à usage de cultures.

Un décret en Conseil d'Etat fixe les conditions d'application du présent article. Il établit notamment une nomenclature des sols artificialisés ainsi que l'échelle à laquelle l'artificialisation des sols doit être appréciée dans les documents de planification et d'urbanisme.

Annexe 3 : Article L141-10 - Version en vigueur depuis le 25 août 2021 - Modifié par LOI n°2021-1104 du 22 août 2021 - art. 197

Au regard des enjeux en matière de préservation de l'environnement et des ressources naturelles, de prévention des risques naturels, de transition écologique, énergétique et climatique, le document d'orientation et d'objectifs définit :

1° Les objectifs chiffrés de consommation économe de l'espace et de lutte contre l'étalement urbain par secteur géographique ;

2° Les orientations en matière de préservation des paysages, les espaces naturels, agricoles, forestiers ou urbains à protéger, notamment en raison de leur participation à l'amélioration du cadre de vie. Il transpose les dispositions pertinentes des chartes de parcs naturels régionaux à une échelle appropriée ;

3° Les modalités de protection des espaces nécessaires au maintien de la biodiversité et à la préservation ou à la remise en bon état des continuités écologiques et de la ressource en eau. Il peut identifier à cette fin des zones préférentielles pour la renaturation, par la transformation de sols artificialisés en sols non artificialisés ;

4° Les orientations qui contribuent à favoriser la transition énergétique et climatique, notamment la lutte contre les émissions territoriales de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques, et l'accroissement du stockage de carbone dans les sols et les milieux naturels.

Annexe 4 : Correspondance entre la nomenclature de l'OCS-GE et de la définition des sols artificialisés et non-artificialisés du décret du 29 avril 2022

Couverture du sol									
Usage du sol	CSL Sans végétation					CS2 Avec végétation			
	CS1.1 Surfaces anthropisées					CS2.1 Végétation ligneuse			
	CS1.1.1 Zones imperméables	CS1.1.2 Zones perméables	CS1.2 Surfaces naturelles			CS2.1.1 Formations arborees	CS2.1.2 Formations arbustives et sous-arbustives (Landes basses, formations arbustives, formations arbustives organisées, ...)	CS2.1.3 Autres formations ligneuses (Vignes et autres lianes)	CS2.2 Végétation non ligneuse
	CS1.1.1.1 Zones bâties (Routes, places, parking...)	CS1.1.1.2 Zones non bâties (Zones à matériaux minéraux composites)	CS1.1.2.1 Zones à matériaux minéraux composites	CS1.1.2.2 Zones à matériaux minéraux composites	CS1.2.1 Zones à matériaux minéraux composites	CS2.1.1.1 Peuplement de feuillus	CS2.1.1.2 Peuplement de conifères	CS2.1.1.3 Peuplement mixte	CS2.2.1 Formations herbacées (Pelouses et prairies, terres arables, roselières, ...)
	CS1.1.1.1.1 Zones bâties (Routes, places, parking...)	CS1.1.1.1.2 Zones non bâties (Zones à matériaux minéraux composites)	CS1.1.2.1.1 Zones à matériaux minéraux composites	CS1.1.2.1.2 Zones à matériaux minéraux composites	CS1.2.1.1 Zones à matériaux minéraux composites	CS2.1.1.1.1 Peuplement de feuillus	CS2.1.1.1.2 Peuplement de conifères	CS2.1.1.1.3 Peuplement mixte	CS2.2.1.1 Formations herbacées (Pelouses et prairies, terres arables, roselières, ...)
US1 Production primaire	US1.1 Agriculture	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US1.2 Sylviculture	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US1.3 Activités d'extraction	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US1.4 Pêche et aquaculture	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US1.5 Autre	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US2 Secondaire	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US3 Tertiaire	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US5 Résidentiel	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US4 Réseaux de transport	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
	US4.1 Réseaux de transport	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
US6 Autre usage	US4.2 Services de logistique et de stockage	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
	US4.3 Réseaux d'utilité publique	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
	US6.1 Zones en transition	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
	US6.2 Zones abandonnées	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Atif
	US6.3 Sans usage	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US6.4 Usage inconnu	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US6.5 Usage inconnu	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US6.6 Usage inconnu	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US6.7 Usage inconnu	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
	US6.8 Usage inconnu	Atif	Atif	Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif	Non Atif
Surfaces artificialisées :									
1									
Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison d'un revêtement (asphalte, béton, pavés ou de dalles)									
2									
Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison d'un revêtement (asphalte, béton, pavés ou de dalles)									
3									
Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont stabilisés et compactés ou recouverts de matériaux minéraux									
4									
Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont constitués de matériaux composites (couverture héliographe et artificielle avec un mélange de matériaux non minéraux)									
5									
Surfaces à usage résidentiel, de production secondaire ou tertiaire, ou d'infrastructures notamment de transport ou de logistique, dont les sols sont couverts par une végétation herbacée, y compris si ces surfaces sont en chantier ou sont en état d'abandon									
Surfaces non artificialisées :									
6									
Surfaces naturelles qui sont soit nues (sable, galets, rochers, pierres ou tout autre matériau minéral, y compris les surfaces d'activités extractives de matériaux en exploitation) soit couvertes en permanence d'eau, de neige ou de glace									
7									
Surfaces à usage de cultures, qui sont végétalisées (agriculture, sylviculture) ou en eau (pêche, aquaculture, saliculture)									
8									
Surfaces naturelles ou végétalisées constituant un habitat naturel, qui n'entrent pas dans les catégories 5°, 6° et 7°									

Annexe 5 : Tableau des critères et des seuils utilisés pour l'attribution des scores dans l'étude du projet REGREEN

Tableau 7 : Critères pris en compte pour chaque scénario et score associé (Deboeuf De Los Rios Serrano, 2021)

Scénario	Critère	Seuils	Score
Reconquête de la biodiversité	Surface des espaces verts	Absence	0
		Surface inférieure à 1 hectare	1
		Surface entre 1 et 4,4 hectares	2
		Surface 4,4 et 53,3 hectares	3
		Surface supérieure à 53,3 ha	4
	Qualité de la matrice (couvert végétal en %)	Couvert végétal inférieur à 10%	0
		Couvert végétal entre 10% et 30%	1
		Couvert végétal supérieur à 30%	2
	Habitats rares	Aucun	0
		Arbres remarquables	1
		Zones humides	2
		Arbres remarquables et zones humides	3
Adaptation au changement climatique	Exposition au ruissèlement	Forte	0
		Moyenne	1
		Faible	2
	Exposition à l'effet d'îlot de chaleur urbain	Forte	0
		Moyenne	1
		Faible	2
		Effet rafraîchissant	3
Santé et cadre de vie	Sensibilité à l'effet îlot de chaleur urbain	Forte	0
		Moyenne	1
		Faible	2
	Difficulté à faire face à l'effet îlot de chaleur urbain	Forte	0
		Moyenne	1
		Faible	2
	Exposition à la pollution de l'air (PM2,5)	Inférieure à 14 µg/m³/an	0
		Entre 12 et 14 µg/m³/an	1
		Entre 10 et 12 µg/m³/an	2
	Nuisances sonores	Supérieures à 55 dB	0
		Inférieures à 55 dB	2
	Carences en espaces verts	Forte	0
		Moyenne	1
		Faible	2

Annexe 6 : Missions effectuées durant le stage

Tableau 8 : Liste des missions effectuées durant le stage

Type de projet	Documents réglementaire	Commune intercommunalité d'étude (département)	Détails de la mission
Zone d'Aménagement concertée (ZAC)	Etude d'impact volet milieu naturel	Châteauneuf-sur-Loire (45)	Rédaction de la partie habitats naturels, flore et zone humide de l'état initial de l'environnement
Parc éolien	Dossier de dérogation espèces protégées	Messac (35)	Cartographie, participation à la rédaction du dossier réglementaire sur l'impact du raccordement électrique et les sites de compensation
Parc photovoltaïque	Etude d'impact	Châtel-Gérard (89)	Rédaction du résumé non technique, intégration du volet paysage et du volet milieu naturel dans l'étude d'impact
Parc photovoltaïque	Etude d'impact volet généraliste et volet milieu naturel	Gy-les-Nonains (45)	Rédaction de la partie généraliste de l'état initial de l'environnement, rédaction de la partie habitats naturels, flore et zones humides de l'état initial de l'environnement
Parc photovoltaïque	Etude d'impact volet généraliste et volet milieu naturel	Vignoux-sous-les-Aix (18)	Rédaction de la partie généraliste de l'état initial de l'environnement, rédaction de la partie habitats naturels, flore et zones humides de l'état initial de l'environnement
Parc photovoltaïque	Etude d'impact volet généraliste et volet milieu naturel	Nouan-le-Fuzelier (41)	Rédaction de la partie généraliste de l'état initial de l'environnement, rédaction de la partie habitats naturels, flore et zones humides de l'état initial de l'environnement
Parc photovoltaïque	Etude d'impact volet généraliste et volet milieu naturel	Saint-Georges-sur-Moulon (18)	Rédaction de la partie généraliste de l'état initial de l'environnement, rédaction de la partie habitats naturels, flore et zones humides de l'état initial de l'environnement
Plan Local de l'Urbanisme de	Evaluation environnementale	Le-Perray-en-Yvelines (78)	Identification des enjeux écologiques des zones à urbanisées identifier dans le PADD
Plan Local de l'Urbanisme de	Evaluation environnementale	Sainte-Gemme-Moronval (28)	Rédaction de l'état initial de l'environnement
Inventaire bocager		Communauté d'Agglomération du Territoire Vendômois (41)	Mise en place d'une méthodologie pour un inventaire bocager des haies stratégiques pour la gestion de l'eau sur quatre communes de l'intercommunalité, Photo-interprétation du linéaire bocager et traitement sous Système d'Information Géographique (SIG) (QGIS)
Plan Local de l'Urbanisme Intercommunal	Evaluation environnementale	Communauté de communes Touraine-Est Vallées (37)	Rédaction de l'état initial de l'environnement (compléments), finalisation de la trame verte et bleue locale, participation aux ateliers du PADD, Préparation des annexes sanitaires du PLUi
Projet d'extension d'une décharge	Etude d'impact volet milieu naturel	Chevilly (45)	Rédaction de la partie habitats naturels, flore et zone humide de l'état initial de l'environnement
Projet de forage pour l'alimentation en eau potable	Etude d'impact volet milieu naturel	Communauté d'Agglomération de Bourges Plus (18)	Rédaction du résumé non technique
Projet de requalification des mails d'Orléans	Etude d'impact volet milieu naturel	Orléans Métropole (45)	Rédaction de la partie patrimoine naturel et continuités écologique de l'état initial de l'environnement



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Mélina Clot
IUT
2021-2022

Objectif « Zéro Artificialisation Nette » : Nouveauté législative & pistes d'action

Stage Assistante chef de projet environnementaliste

Ce stage conclut trois ans de formation au sein du département Aménagement et Environnement de l'école d'ingénieurs Polytech Tours. Il a été réalisé au sein du bureau d'étude Biotope, spécialisé en environnement et en écologie, dont le cœur de métier est la réalisation d'études environnementales réglementaires. Le stage a été l'occasion de travailler sur diverses missions (études d'impact, évaluations environnementales de PLU(i), élaboration de trame verte et bleue). L'objectif Zéro Artificialisation Nette (ZAN), objectif de lutte contre l'artificialisation des sols affirmé par la loi Climat et Résilience était au cœur de l'actualité législative lors du stage. Pour l'élaboration de ce rapport, le choix a été fait d'étudier cette nouveauté réglementaire dans ce qu'elle propose, d'identifier ses premières limites et proposer des pistes d'actions sur l'ingénierie que peut apporter Biotope sur ce sujet. La renaturation, introduite comme pendant à l'artificialisation nette des sols, a été particulièrement étudiée comme entrée possible d'action pour un bureau d'étude en environnement. Ce rapport est ainsi focalisé sur l'objectif ZAN. Il présente la loi qui a porté son inscription dans le code de l'Urbanisme, détaille le concept de renaturation et propose des pistes pour l'élaboration d'un outil géomatique d'identification des secteurs stratégiques de renaturation.

Mots Clés : Evaluation environnementale, Objectif Zéro artificialisation Nette, Renaturation, Géomatique

Biotope – Agence Centre

122-124, Faubourg Bannier, 45000 ORLÉANS

Tuteur entreprise : Sarah Degolbert

Chef de projet environnementaliste et coordinatrice de production Agence Centre

Tuteur académique : Séraphine Grellier