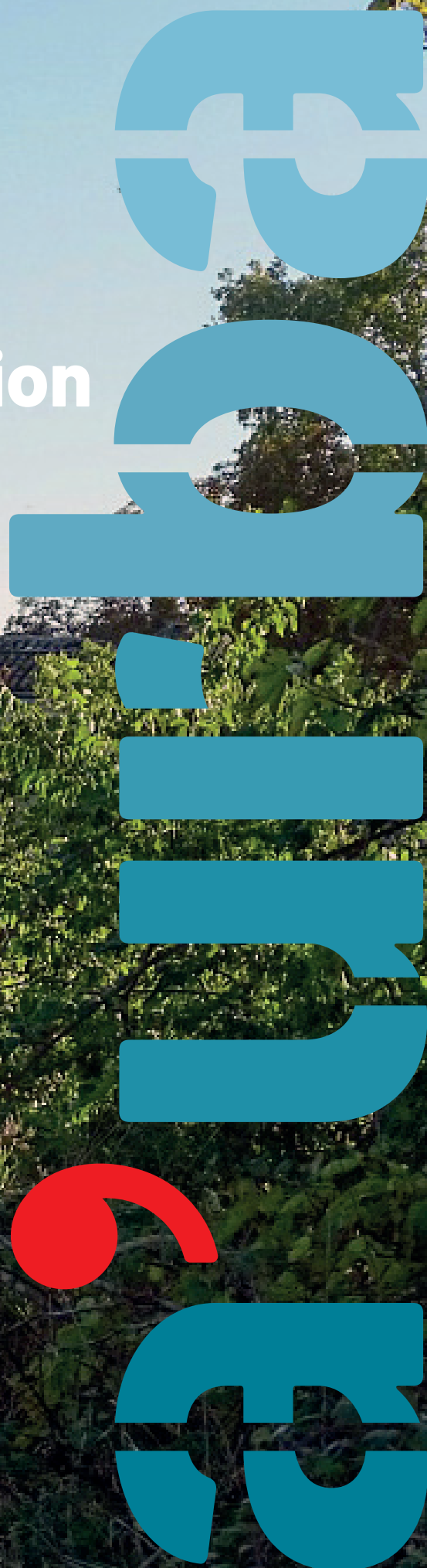


Renaturer les sols : principes, enjeux et leviers pour l'action publique

étude

10 / 2024



1	Le sol, socle vivant à la base de la renaturation	p.5
1,1	Qu'est-ce qu'un sol ?	p.6
1,2	Les fonctions et services rendus par les sols	p.7
1,3	Les sols urbains : une spécificité issue de l'aménagement urbain	p.9
1,4	L'altération des sols par l'artificialisation	p.10
2	La renaturation : l'approche scientifique versus l'approche réglementaire	p.15
2,1	La renaturation : un processus pour restaurer les écosystèmes dégradés	p.16
2,2	La protection juridique des sols pour préserver les espaces naturels, agricoles et forestiers	p.17
2,3	Les différentes étapes et techniques de renaturation	p.21
2,4	Les confusions possibles	p.25
2,5	Les enjeux de la renaturation	p.27
	L'exemple de la trame brune du Grand Nancy	p.29
3	Les outils réglementaires et financiers à disposition des collectivités	p.33
3,1	Les outils réglementaires disponibles	p.34
3,2	Les outils financiers par acteurs publics	p.38
3,3	Les outils applicables à l'urbanisme	p.40
	L'exemple des terres fertiles	p.42
	L'exemple du programme Siterre	p.43
	L'essentiel à retenir	p.44-45
	De la planification à l'action : Fiches de cas	p.47
	Conclusion - Bibliographie - ressource	p.86

En 2021, la loi Climat et Résilience a mis en avant le concept de renaturation.

Ce terme, utilisé essentiellement pas les écologues, englobe plusieurs approches et peut être défini à deux niveaux.

D'un point de vue écologique, il peut être associé à un retour à l'état semi-naturel ou naturel d'espaces ayant subi des altérations par des activités anthropiques.

D'un point de vue réglementaire, il s'agit d'un outil pour atteindre le « zéro artificialisation nette » en 2050 et restaurer les fonctionnalités de sols artificialisés.

Le présent rapport a pour objectif d'éclairer et d'apporter des éléments de réflexion sur ce thème de la renaturation.

Dans une première partie, des définitions, une présentation, des enjeux et des bénéfices liés à la renaturation seront développés.

Dans une seconde partie, seront abordés les leviers réglementaires, financiers et techniques pour mener des actions de renaturation à différentes échelles d'intervention.

Enfin, dans la dernière partie, plusieurs retours d'expériences seront présentés sous la forme de fiches de cas.



© a-urba

PARTIE 1

Le sol, socle vivant à la base de la renaturation

- 1.1 Qu'est-ce qu'un sol? p.6
- 1.2 Les fonctions et services rendus par les sols p.7
- 1.3 Les sols urbains : une spécificité issue de l'aménagement urbain p.9
- 1.4 L'altération des sols par l'artificialisation p.10

1.1 Qu'est-ce qu'un sol ?

Les sols constituent des écosystèmes à part entière peu visibles et souvent méconnus. La biodiversité du sol assure des fonctions qui permettent le maintien de la vie sur Terre.

L'Association française pour l'Étude du Sol (AFES) a adopté la définition suivante en 2014 pour qualifier un sol : « Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la Terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse¹. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres ou plus. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes) ».

Les sols sont issus d'un processus de formation appelé pédogénèse. La roche mère, qui est la couche minérale superficielle de la croûte terrestre, subit des altérations physiques et chimiques qui vont petit à petit aboutir à la création de sols variant de quelques mètres d'épaisseur à quelques centimètres.

C'est un processus qui s'étend sur des milliers d'années alors que le détruire ne prend que quelques minutes.

Le sol est composé de particules minérales, de matière organique, d'eau, d'air et d'organismes vivants.

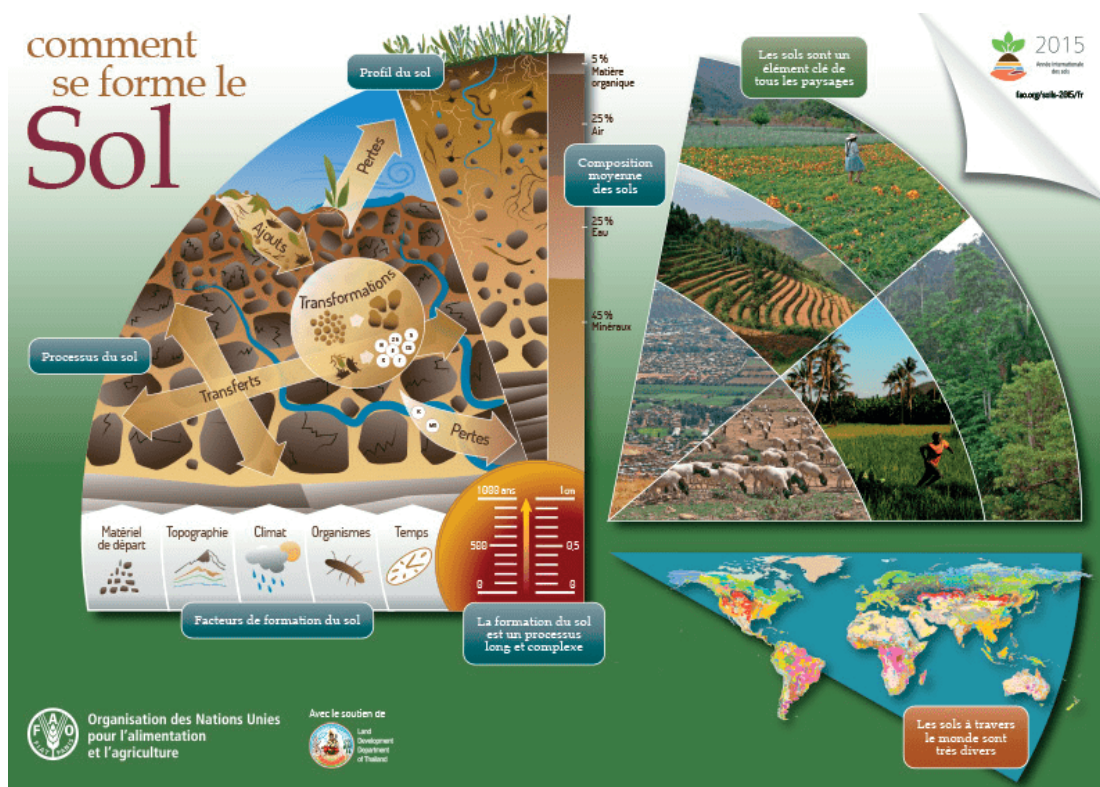
C'est un milieu structuré dont la nature de la roche mère, le climat, la végétation, la topographie, mais aussi les activités humaines sont autant de facteurs qui déterminent les propriétés des sols dits « naturels ».

Le sol peut donc être considéré comme une ressource non renouvelable qu'il faut préserver afin de garantir ses fonctions essentielles pour les activités humaines.

Les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols sont influencées à la fois par la nature de la roche mère présente naturellement en profondeur (qui représente une source d'apports en minéraux), mais également via l'activité biologique à travers l'accumulation de matières organiques en provenance de la surface comme les résidus de végétaux, qui, une fois décomposés par l'ensemble des organismes du sol, assurera le stock de nutriments. De plus, l'ensemble des interrelations qu'entretiennent les nombreuses espèces peuplant le sol contribue aux propriétés et fonctions que remplit ce compartiment.

Ces sols vivants, essentiels, sont depuis de nombreuses années dégradés du fait de l'artificialisation et de l'étalement urbain. Le changement d'usages des terres constitue un des 5 facteurs responsables du déclin de la biodiversité identifiés dans le rapport de l'IPBES.

Schématisation de la formation d'un sol, © Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture



¹ Étude des processus de formation et d'évolution des sols

1.2 Les fonctions et services rendus par les sols

Les fonctions

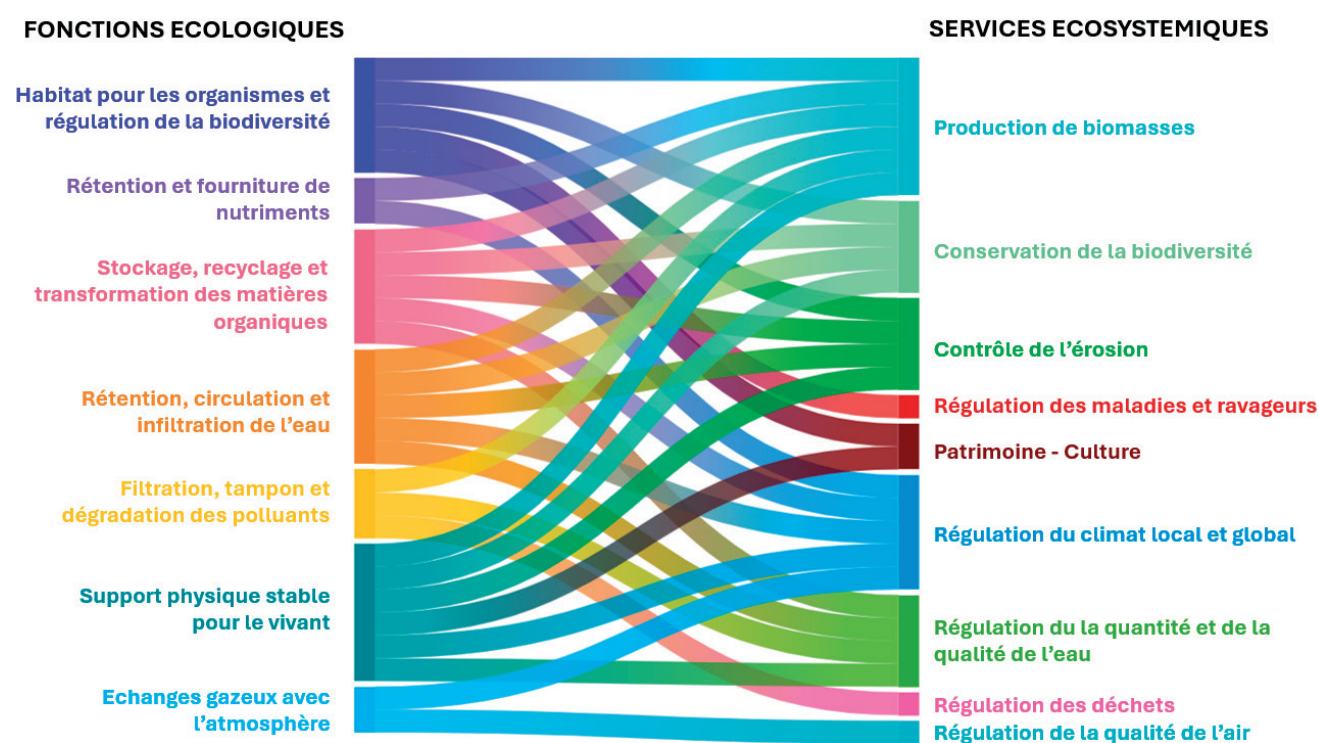
« Les fonctions des sols sont définies comme “les interactions entre les composants physiques et chimiques du milieu et les êtres vivants, qui contrôlent le fonctionnement du sol” (ADEME, 2019).

Une étude menée par l’ADEME en 2019 a permis de recenser les **principales fonctions des sols** (agricoles, forestiers et urbains) :

- **Stockage, recyclage et transformation des matières organiques ;**
- **Support physique stable pour les végétaux, permettant leur implantation et leur développement** (ancrage et croissance des racines) ;
- **Rétention, circulation et infiltration de l’eau** (ex : réserve utile, lixiviation¹, percolation) ;
- **Filtre, tampon et dégradation des polluants (organiques et inorganiques).** Il s’agit de la capacité du sol à piéger les polluants et contribuer non seulement à épurer l’eau au cours des processus d’infiltration (en lien avec la mobilité des contaminants), mais également à réduire les transferts de ces polluants vers les organismes terrestres ;

- **Habitats pour les organismes du sol et régulation de la biodiversité**, et interactions entre eux, influençant leur abondance et leur diversité (patrimoine biologique). Le sol constitue un des supports fondamentaux de la biodiversité. Il est considéré comme un **réservoir de biodiversité** : il abrite plusieurs milliers d’espèces et des millions d’individus (bactéries, champignons, lombrics, etc.) qui protègent le sol de l’érosion ou du tassement, améliorent sa fertilité et participent également à la dégradation des contaminants. Il abrite 25 % des espèces animales et végétales décrites à ce jour, ce qui en fait un des écosystèmes terrestres les plus riches et diversifiés sur Terre ;
- **Rétention et fourniture des nutriments pour les organismes du sol et les végétaux**, essentiels à leur développement : nitrates (N.), phosphore (P), oligo-éléments, etc. ;
- **Contrôle de la composition chimique de l’atmosphère** et contribution aux processus climatiques (via les échanges gazeux entre le sol et l’atmosphère).

Diagramme de Sankey représentant le lien entre fonctions écologiques et services écosystémiques, © France Stratégie



© France Stratégie

¹ Percolation lente de l’eau à travers le sol permettant la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Le liquide résultant est appelé lixiviat.

Les services écosystémiques représentent « les biens et services que les [êtres humains] peuvent tirer des écosystèmes, directement ou indirectement, pour assurer leur bien-être (nourriture, qualité de l'eau, paysages, etc.) » (Costanza et al., 1997 ; MEA 2005).

Ainsi, les services écosystémiques diffèrent des fonctions. Une fonction peut correspondre à plusieurs services, et un service peut être rendu par plusieurs fonctions. Par exemple, la fonction de contrôle de la composition chimique de l'atmosphère et de contribution aux processus climatiques permet de réguler le climat local et global (séquestration carbone). Ce service est également rendu par les fonctions de rétention et fourniture des nutriments, stockage, recyclage et transformation des matières organiques et support pour les végétaux. Les sols vivants participent ainsi :

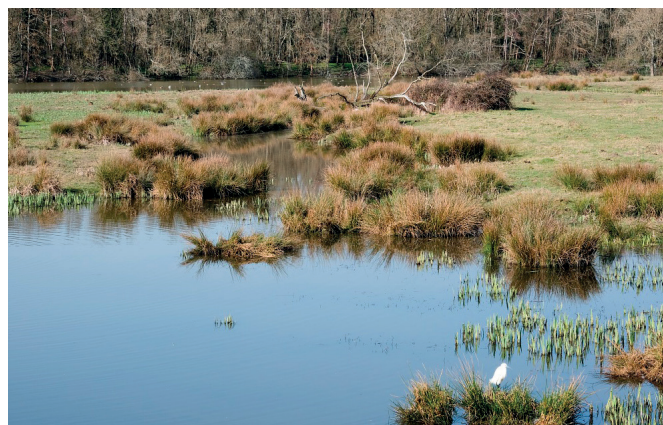
- au recyclage des matières organiques ;
- à la régulation du climat par le stockage du carbone ;
- à la régulation de l'effet d'îlot de chaleur urbain grâce à la présence de végétation ;
- à la régulation des inondations ;
- à la production d'eau potable grâce à la recharge des aquifères ;
- à l'épuration des eaux par filtration et traitement ;
- à la production de biomasse, nourriture ou matériaux.



Organisme du sol, © Élise Bardon



Micro-forêt Wangari Muta Maathai © Ville de Bordeaux



Réserve naturelle des marais de Bruges, © a'urba

¹ Influence d'un ou plusieurs produits sur une ou plusieurs couches géologiques

1.3 Les sols urbains : une spécificité issue de l'aménagement urbain

Ce type de sol particulier est constitué d'une première couche généralement de type « revêtement imperméable ». Sous cette couche se trouvent divers matériaux anthropiques, c'est-à-dire des matériaux issus de l'activité humaine, comme des briques ou du béton incorporés à une matrice sableuse. Les horizons sont essentiellement « minéraux » étant donné qu'ils sont souvent dépourvus de matières organiques et par conséquent peu fertiles. Deux définitions peuvent être retrouvées pour caractériser les sols en milieu urbain :

- Une définition propre aux sciences du sol : les **sols anthropisés** ont des propriétés et une pédogénèse, issues de modifications par l'homme. Ils se caractérisent par la présence de plus de 20 % d'artefacts¹ dans les 100 premiers centimètres ou par la présence de couche imperméable en surface. Ils sont classifiés comme anthroposols selon le Référentiel Pédologique français (RPF) ou technosols dans la classification internationale. Ils s'opposent aux sols dits naturels ;
- Une définition utilisée par les acteurs de l'aménagement du territoire : les **sols urbains**, dans une définition plus géographique, sont les sols des aires urbaines. Caractérisés par des modifications anthropiques majeures, ils peuvent également faire référence à des sols dont l'historique d'usages est moins impacté par l'activité humaine.

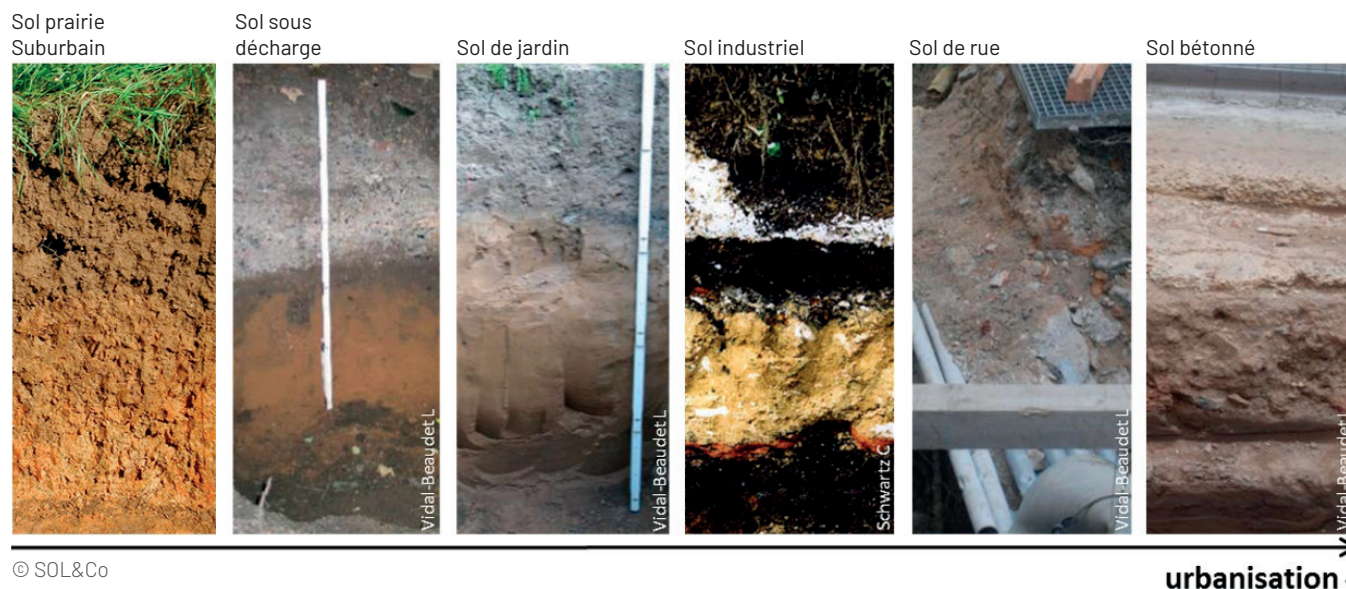
- Il est possible d'en déduire que les sols urbains sont majoritairement des sols anthropisés, mais peuvent également être des sols naturels. Les proportions de sols anthropisés et naturels peuvent varier d'une aire urbaine à l'autre.

La principale caractéristique des sols urbains est de présenter une forte hétérogénéité spatiale (de l'échelle centimétrique à décamétrique) à la fois verticale et horizontale de leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques. Cela s'explique par la forte variabilité des usages faits sur ces sols. Les sols urbains ne constituent pas un milieu de vie favorable à la biodiversité du sol (ex.: très pauvre en nutriments).

Ils présentent des caractéristiques physiques et chimiques relativement défavorables : tassement, scellement des surfaces, volume restreint et confiné, faible surface d'échange sol-atmosphère, pollution fréquente et potentiellement forte. Les sols urbains présentent des déficits en azote, phosphore et potassium ainsi que de faibles teneurs en matière organique.

Ces sols sont généralement caractérisés par une diversité de « types de sol » allant du simple parc ou jardin peu anthropisé, que l'on peut confondre avec des sols naturels jusqu'au sol fortement anthropisé scellé, fréquemment rencontré en milieu urbain (trottoirs, voiries, etc.). Bien que fortement impactés par les activités humaines, les sols en milieu urbain sont capables de rendre des services écosystémiques essentiels à la viabilité des sociétés humaines.

Les différents types de sols urbains selon un gradient d'urbanisation croissant



1.4 L'altération des sols par l'artificialisation

Lutter contre l'artificialisation des sols

Tous les ans, environ 24 000 hectares d'espaces naturels, agricoles et forestiers sont consommés en France. Tout le territoire national est concerné par cette artificialisation des sols et ses conséquences environnementales et socio-économiques. Cependant, les consommations varient d'un territoire à l'autre en fonction de son attractivité, de son évolution démographique...

Cette artificialisation des sols constitue une des premières causes d'érosion de la biodiversité.

En regardant l'exemple de la région Nouvelle-Aquitaine, 37 400 hectares ont été consommés entre 2011 et 2021 d'après les fichiers fonciers au 1^{er} janvier 2022.

Dans cette région, 69 % du flux de consommation d'espaces est dédié au logement, 19 % aux zones d'activités et 5 % aux infrastructures. L'habitat est le premier facteur qui pèse sur le rythme d'artificialisation au niveau national (63 % du flux entre 2011 et 2021). Son poids est d'autant plus élevé en Nouvelle-Aquitaine (69 %) que la région connaît une croissance des logements bien supérieure à celle des ménages (elle est plus élevée dans 80 % des EPCI de la région). (*France Stratégie*).

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

Au sein des deux catégories de sols artificialisés (imperméables ou non), les enjeux de la renaturation dépendent de l'usage de ces sols. Ils présentent un certain nombre de caractéristiques (apport et/ou export de matériaux, mélange de strates, perturbation de la couverture) diminuant le potentiel de croissance des végétaux (faible capacité d'infiltration, forte pierrosité, faible teneur en carbone organique) et favorisant l'érosion hydrique et le risque d'inondation (faible capacité d'infiltration, absence de couvert végétal et des horizons de surface). (*France Stratégie*, octobre 2019)

Conséquences de l'artificialisation des sols

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

L'artificialisation cause donc une perte de fertilité des sols, ce qui ne leur permet pas d'assurer une de leurs fonctions essentielles : le support de la végétation. (*France Stratégie*, octobre 2019)

Pour qualifier la diversité des impacts environnementaux potentiels des processus d'artificialisation, il apparaît nécessaire de distinguer :

- Les processus d'artificialisation « **légers** » correspondant à la création de jardins, d'espaces verts ou l'artificialisation de friches intra-urbaines, entraînant une dégradation partielle des sols ;
- Les processus d'artificialisation « **lourds** », provoquant une dégradation quasi totale des sols.

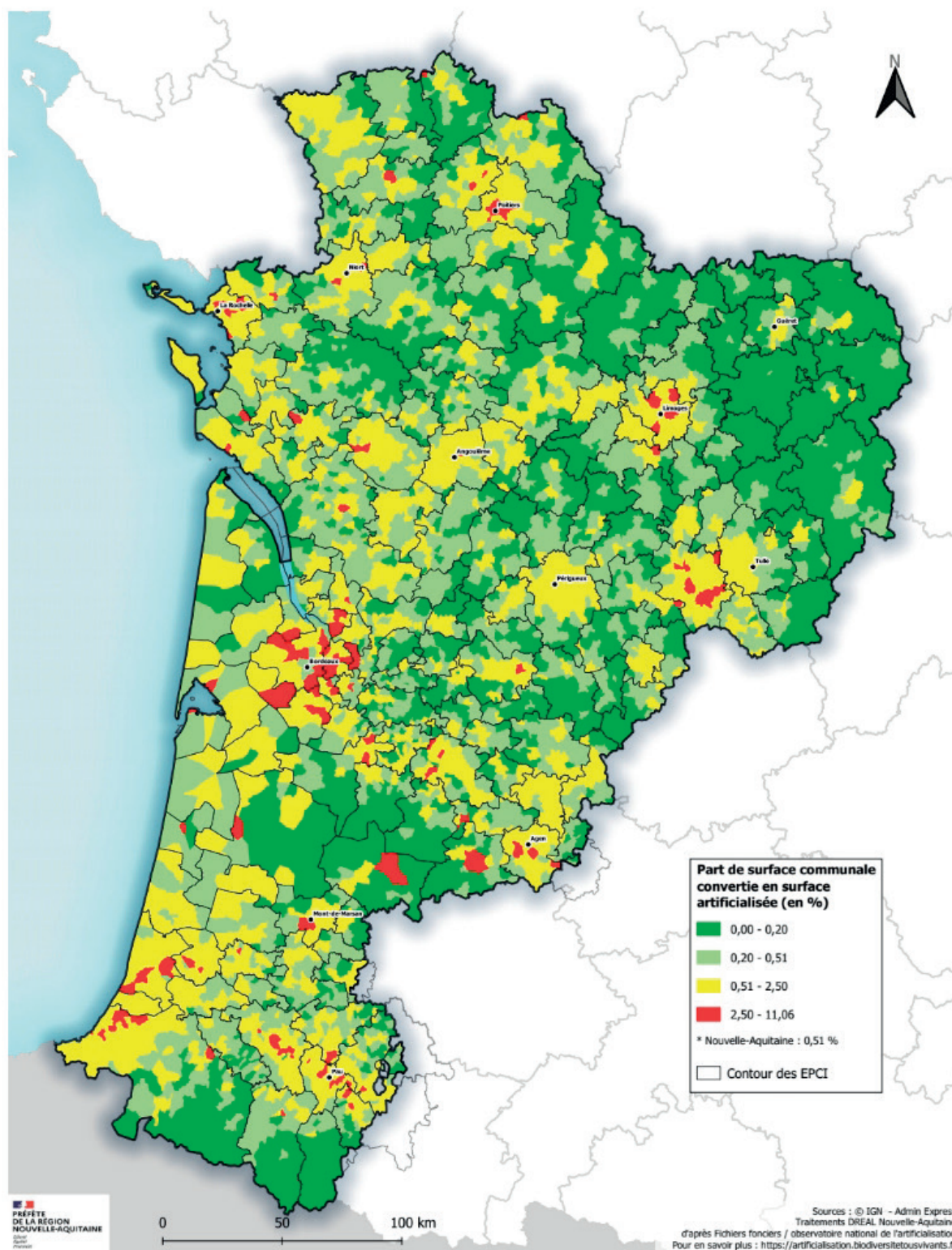
L'artificialisation des sols à l'échelle de la Nouvelle Aquitaine entre 2009 et 2019

Pour approfondir sur cette thématique :



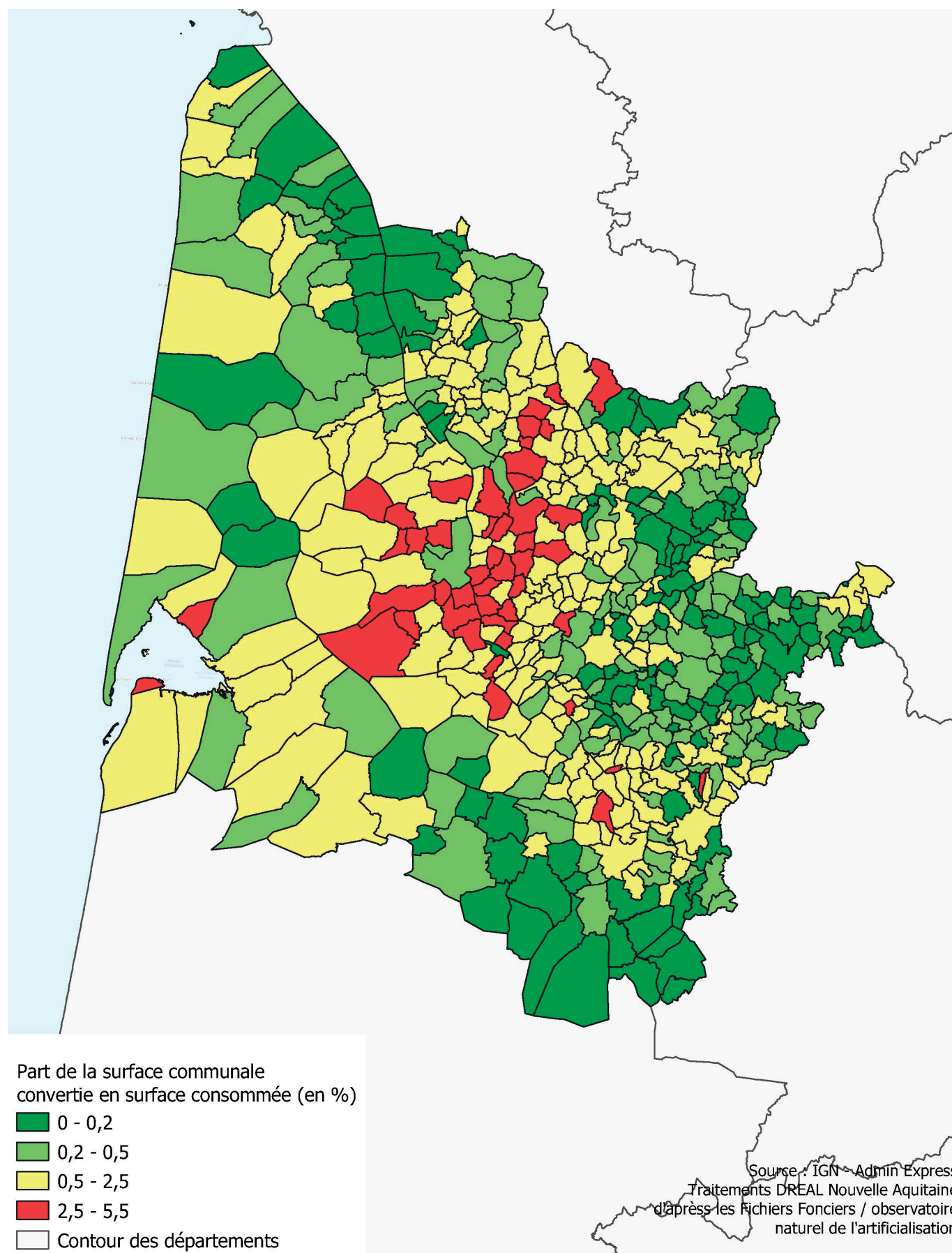
[Cliquez ici](#)

Artificialisation des sols dans les communes néo-aquitaines entre 2009 et 2019



© DREAL Nouvelle-Aquitaine

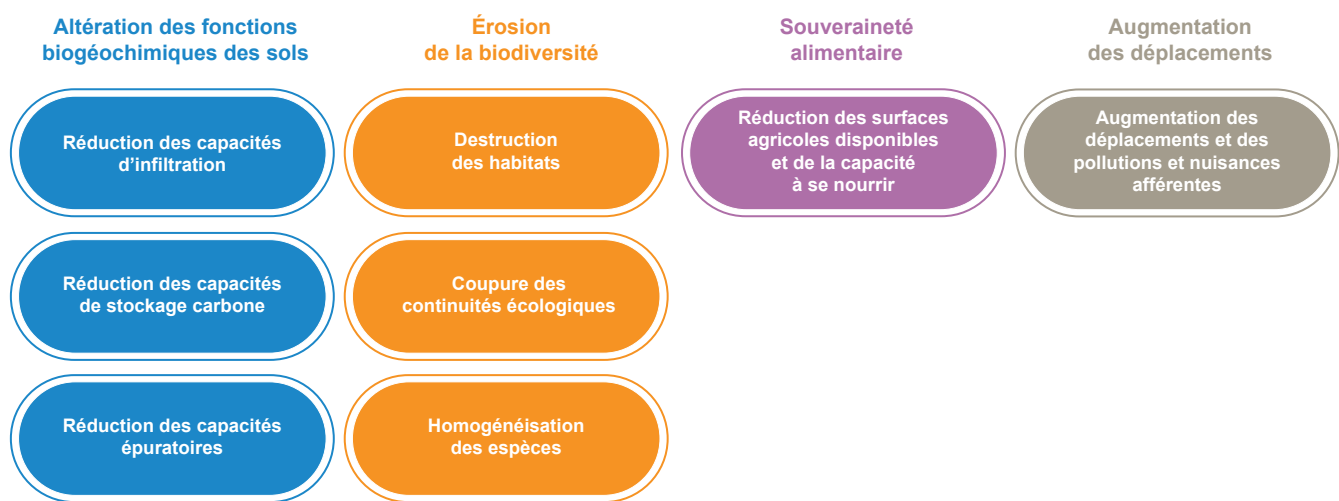
Consommation des sols des communes girondines entre 2009 - 2021



Au-delà de ces impacts environnementaux, la perte d'Espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) induit la perte des services écosystémiques rendus par ces espaces, qu'il s'agisse des services d'approvisionnement liés aux activités agricoles et forestières, ce qui est à l'origine d'une réduction des potentiels de production agroalimentaire et de biomasse à vocation énergétique.

À contrario, la renaturation des espaces artificialisés apporte des bénéfices écologiques, sanitaires et d'adaptation des territoires au changement climatique.

Principaux effets environnementaux de l'artificialisation des sols, © France Stratégie



© a'urba

PARTIE 2

La renaturation : l'approche scientifique versus l'approche réglementaire

2.1 La renaturation d'un point de vue écologique	p.16
2.2 La protection juridique des sols pour préserver les espaces naturels, agricoles et forestiers	p.17
2.3 Les différentes techniques de renaturation	p.21
2.4 Les confusions possibles	p.25
2.5 Les enjeux de la renaturation	p.27

2.1 La renaturation : un processus pour restaurer les écosystèmes dégradés

La renaturation englobe de multiples approches et visions dont les termes sont en perpétuelle évolution au sein de la communauté scientifique (Grandin et Barra, 2020).

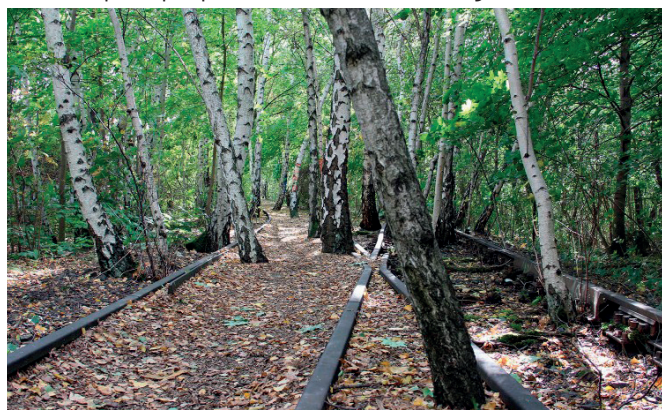
Il n'existe pas de définition établie, mais elle correspond plus globalement à un retour à l'état naturel ou semi-naturel d'espaces naturels ayant été dégradés par les activités humaines. Une quarantaine d'acteurs de la région Hauts-de-France a proposé sa propre définition du concept : « reconquérir des espaces délaissés après avoir été utilisés, modifiés, dégradés par une activité humaine, afin de les mettre à disposition de la faune et de la flore sauvages ».

Il existe plusieurs manières de renaturer des espaces artificialisés qui peuvent être catégorisées selon un gradient d'intervention humaine. Ainsi, la renaturation passe par des actions interventionnistes ou passives (le réensauvagisme ou le laisser-faire) :

- La renaturation peut simplement consister en l'**arrêt des perturbations humaines** : ce type de démarche vise à une recolonisation spontanée des milieux. Les espèces sauvages qui s'installent d'elles-mêmes sont adaptées aux conditions locales et n'induisent aucun coût, ni financier ni environnemental. Encouragée par de plus en plus d'écologues, la restauration passive dépend directement du contexte paysager dans lequel elle se déroule, et demande à être inscrite dans un maillage écologique fonctionnel pour assurer sa réussite. Cela concerne par exemple les friches urbaines ;
- La renaturation peut être le fruit d'une **démarche volontaire assistée par l'homme**. Il est commun de parler « d'écologie de la restauration ». Dans ce cas, elle correspond à des interventions ciblées faisant appel à l'ingénierie écologique, définie comme « la conception d'aménagements durables, adaptatifs et multifonctionnels, inspirés de ou basés sur les mécanismes qui gouvernent les systèmes écologiques. Certaines techniques de renaturation sont inspirées du vivant et peuvent être regroupées sous le terme de génie écologique. Cela recouvre la restauration de communautés écologiques, la réintroduction d'espèces, la restauration d'une fonction écologique dans un objectif de réhabilitation d'écosystèmes dégradés. Les actions menées sur la biodiversité visent un minimum d'interventions humaines » (www.genie-ecologique.fr).

Le génie écologique peut nécessiter de recourir à des « espèces ingénieuses » (fourmis, vers de terre, mycorhizes...), afin de favoriser la reconquête de strates végétales, voire stimuler la reconstitution de sols fertiles (technosols) à partir de matériaux locaux. Le succès d'une opération de renaturation est peu prévisible, mais le facteur temps est un paramètre prépondérant, la renaturation ayant des effets sur un temps long. (« Renaturer l'Île-de-France : vers un territoire plus résilient », 2020).

En gestion de l'eau par exemple, la renaturation correspond à l'ensemble des mesures et des travaux entrepris pour améliorer la qualité écologique des lacs et des cours d'eau lorsque celle-ci a été perturbée ou s'est dégradée au cours du temps. La renaturation des cours d'eau vise à la fois l'assainissement de l'énergie hydraulique et la revitalisation, c'est-à-dire, la restauration des fonctions naturelles d'un milieu aquatique par des travaux d'aménagement (France



Régénération spontanée et reboisement du parc Sudgelande à Berlin, © Konstantin Borner



Remise en état d'une carrière avec aménagement d'un plan d'eau, © Cayla

2.2 La protection juridique des sols pour préserver les espaces naturels, agricoles et forestiers

Les objectifs fixés

En France, il n'existe pas de définition précise ou de politique nationale de protection des sols à proprement parler, au même titre que pour d'autres milieux tels que l'eau ou l'air. Il est essentiellement reconnu d'un point de vue quantitatif, traduit en tant que support de construction dans le droit de l'urbanisme, support agronomique dans le droit rural et risque pour la santé des sols pollués dans le droit de l'environnement.

La loi du 22 août 2021 dite loi Climat et Résilience a été instaurée dans un objectif quantitatif et qualitatif de réduction de l'artificialisation des sols.

Elle a fixé l'objectif d'atteindre le « zéro artificialisation nette des sols » (ZAN) en 2050, avec un objectif intermédiaire de réduction de moitié de la consommation d'Espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) dans les dix prochaines années (2021-2031).

Elle permet ainsi de basculer d'une approche de la consommation d'espaces à l'artificialisation des sols. La consommation des espaces naturels, agricoles et forestiers est ainsi définie comme « **la création ou l'extension effective d'espaces urbanisés sur le territoire concerné** », effectif signifiant que cela exclut les zones à urbaniser planifiées, mais non urbanisées.

Cette loi introduit, pour la première fois, la notion d'artificialisation des sols, permettant de considérer les sols vivants et de prendre en compte leur multifonctionnalité. 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** » (art L. 101-2-1 C. urb.).

Elle définit également **l'artificialisation nette des sols comme le solde de l'artificialisation et de la renaturation des sols constaté sur le périmètre du document de planification ou d'urbanisme et sur une période donnée.**

Quantifier l'artificialisation des sols

Afin de faciliter la traduction des objectifs de la loi dans les documents de planification et d'urbanisme, les objectifs de réduction de l'artificialisation des sols ou de son rythme, sont fixés et évalués en considérant comme :

- **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 ;
- **Non artificialisée** : une surface soit naturelle, nue ou couverte d'eau, soit végétalisée, constituant un habitat naturel ou à usage de cultures.

La seconde loi du 20 juillet 2023 dite loi « ZAN » a apporté des ajustements à la première version de la loi.

Une nomenclature des surfaces considérées comme artificialisées et non artificialisées a été publiée par le décret du 27 novembre 2023. Ainsi les jardins d'habitat sont considérés comme artificialisés. En revanche, les parcs urbains végétalisés de plus de 2 500 m² (arborés ou non) pourront être considérés comme non artificialisés.

Les jardins publics plus petits ne seront pas pris en compte et donc moins valorisés, alors qu'ils sont tout aussi stratégiques en zone dense. Par ailleurs, les espaces occupés par certaines installations photovoltaïques pourront également être considérés comme non artificialisés.

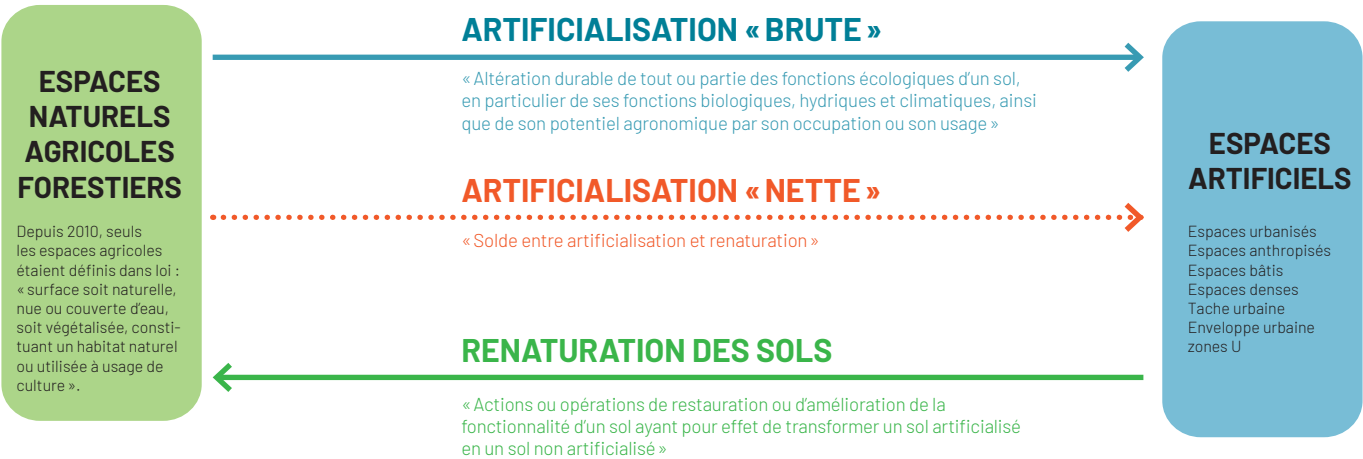
Elle a également institué la « garantie communale », un potentiel d'urbanisation minimal préservé pour les communes. Envisagée à l'origine comme une garantie « rurale », elle bénéficie finalement à toutes les communes, quelle que soit leur densité, dès lors qu'elles sont couvertes par un document d'urbanisme local « prescrit, arrêté ou approuvé avant le 22 août 2026 ».

L'État a mis en ligne un Observatoire de l'artificialisation en 2019 pour aider les collectivités à mesurer l'artificialisation de leurs territoires. Il met à disposition deux types de données :

- pour la période 2021-2031, le suivi de la consommation d'espaces. Les données sont mises à jour et publiées annuellement avec une carte interactive, un tableau de bord et des données téléchargeables ;
- à partir de 2031, le suivi des objectifs portera sur l'artificialisation nette. Elle sera mesurée par l'occupation des sols à grande échelle (OCSGE) en cours de finalisation. Cet outil réalise une description de l'occupation du sol de l'ensemble du territoire métropolitain à l'échelle 1/25 000. À l'échelle girondine, elle est en cours de finalisation.

[\(https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/\)](https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/)

Représentation schématique de l'application du Zéro Artificialisation Nette (ZAN), © a-urba



Nomenclature des surfaces artificialisées et non artificialisées, décret n° 2023-1096 du 27 novembre 2023 relatif à l'évaluation et au suivi de l'artificialisation des sols

	CATÉGORIES DE SURFACE	SEUIL DE RÉFÉRENCE (*)
SURFACES ARTIFICIALISÉES	1° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison du bâti (constructions, aménagements, ouvrages ou installations).	Supérieur ou égal à 50 m2 d'emprise au sol
	2° Surfaces dont les sols sont imperméabilisés en raison d'un revêtement (artificiel, asphalté, bétonné, couvert de pavés ou de dalles).	Supérieur ou égal à 2 500 m2 d'emprise au sol ou de terrain
	3° Surfaces partiellement ou totalement perméables dont les sols sont stabilisés et compactés ou recouverts de matériaux minéraux, ou dont les sols sont constitués de matériaux composites (couverture hétérogène et artificielle avec un mélange de matériaux non minéraux).	
	4° 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 (**).	
	5° Surfaces entrant dans les catégories 1o à 4o, qui sont en chantier ou en état d'abandon.	
SURFACES NON ARTIFICIALISÉES	6° Surfaces naturelles dont les sols sont soit nus (sable, galets, rochers, pierres ou tout autre matériau minéral, y compris les surfaces d'activités extractives de matériaux en exploitation) soit couverts en permanence d'eau, de neige ou de glace.	
	7o Surfaces à usage de cultures dont les sols sont soit arables ou végétalisés (agriculture), y compris si ces surfaces sont en friche, soit recouverts d'eau (pêche, aquaculture, saliculture).	
	8° Surfaces dont les sols sont végétalisés et à usage sylvicole.	
	9° Surfaces dont les sols sont végétalisés et qui constituent un habitat naturel.	
	10° Surfaces dont les sols sont végétalisés et qui n'entrent pas dans les catégories précédentes.	

Une traduction territorialisée

Pour atteindre l'objectif ZAN en 2050, il est nécessaire d'avoir une déclinaison territoriale, et ce cadrage relève, en premier lieu, de la compétence de la Région. Ainsi, chaque document de planification régionale doit définir une trajectoire de réduction de l'artificialisation, avec un objectif par tranche de dix ans. Dans un premier temps, les régions dotées d'un Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) doivent réduire de moitié leur consommation d'espace d'ici à **2031**. Les Schémas de Cohérence Territoriale (SCoT) devront ensuite être mis en compatibilité pour la décliner, d'ici à **février 2027**. Enfin, les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) devront eux-mêmes être mis en compatibilité avec le SCoT ou, à défaut de SCoT, avec le schéma régional, d'ici à **février 2028**.

La localisation des zones de renaturation

La loi Climat et Résilience établit que « la renaturation 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 ».

La loi « ZAN » facilite la mise en œuvre des objectifs de lutte contre l'artificialisation des sols et l'accompagnement des élus locaux. En ce qui concerne plus spécifiquement la renaturation, « (...) **la transformation effective d'espaces urbanisés ou construits en espaces naturels, agricoles et forestiers du fait d'une renaturation peut être comptabilisée en déduction de cette consommation** ».

Cela permet désormais de retrancher du calcul de la consommation d'Espaces naturels, agricoles et forestiers (ENAF) puis de celui de l'artificialisation des sols, les surfaces urbanisées ou construites ayant fait l'objet d'actions de renaturation.

Le **décret du 27 novembre 2023** définit comment sont identifiées au sein des SCoT et des PLU les zones préférentielles pour la renaturation par la transformation de sols artificialisés en sols non artificialisés.

Concrètement, le décret modifie le premier alinéa de l'article R. 141-6 du Code de l'urbanisme pour prévoir que :

- « Les documents graphiques (du SCoT) localisent les espaces ou sites à protéger ainsi que, le cas échéant, les zones préférentielles pour la renaturation en application

des 2° et 3° de l'article L. 141-10 ».

S'agissant du PLU, le décret modifie l'article R. 151-7 du Code de l'urbanisme pour prévoir que les OAP du PLU :

- « Peuvent également identifier des zones préférentielles pour la renaturation et préciser les modalités de mise en œuvre des projets de désartificialisation et de renaturation dans ces secteurs. Ces zones ou secteurs peuvent être délimités dans le ou les documents graphiques prévus à l'article R. 151-10 ».

Limites

Malgré les décrets d'application de la loi, il subsiste encore des incertitudes pour l'appliquer et en particulier concernant les zones préférentielles de renaturation. D'un point de vue méthodologique, comment les identifier les zones de renaturation préférentielles ? Pour l'heure, aucune méthodologie ni aucun outil partagé collectivement ne permet de localiser les zones de renaturation préférentielles de manière uniforme à l'échelle du territoire national ou régional.

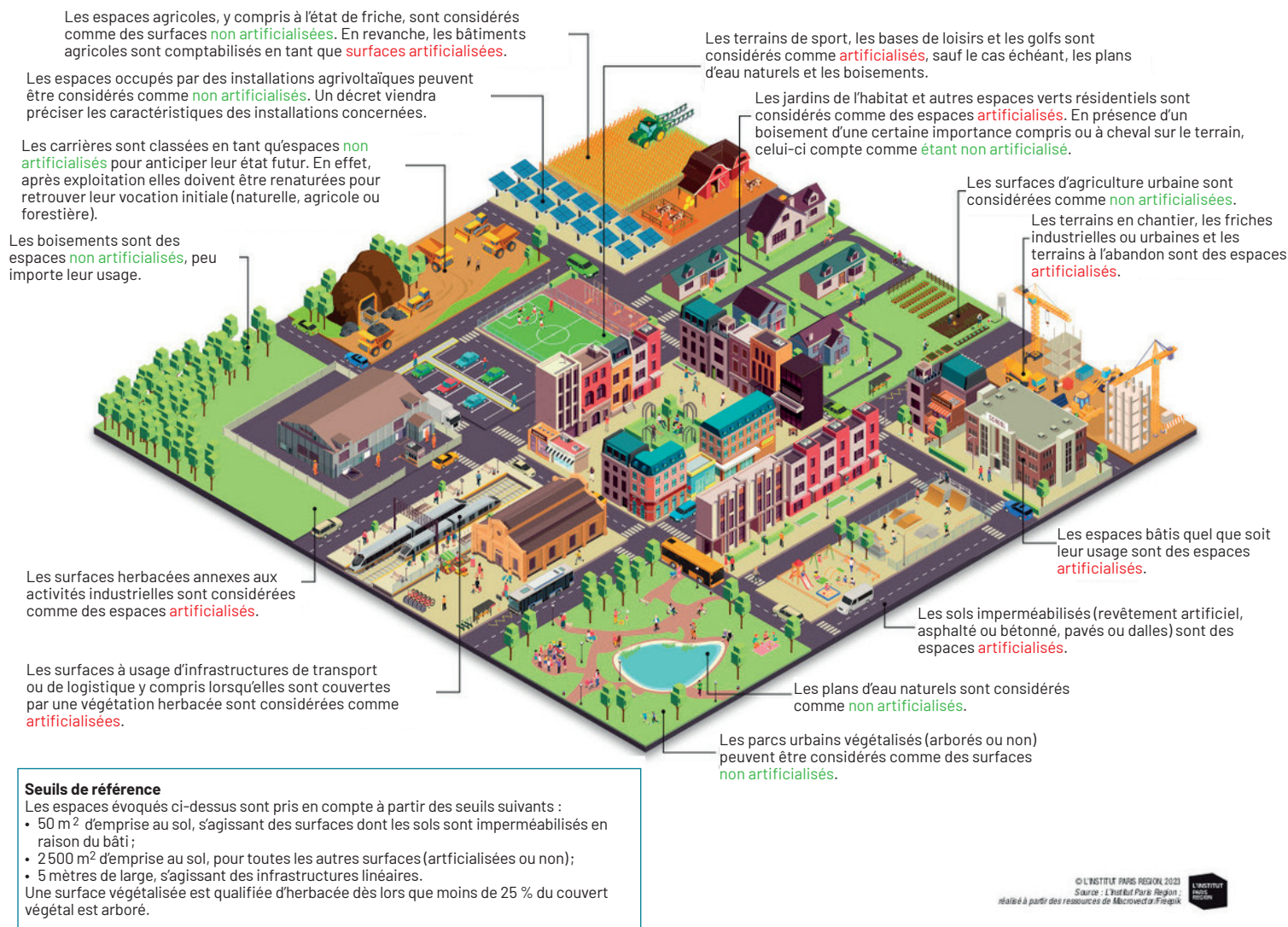
Ainsi, il est difficile d'évaluer et de quantifier des actions menées par le territoire comme des actions de renaturation au titre du ZAN. Autrement dit, outre l'aspect surfacique lié à l'outil OCS-GE, selon quel(s) critère(s) peut-on considérer que les actions établies en faveur de l'amélioration de la fonctionnalité des sols d'un secteur sont suffisantes pour intégrer ce secteur dans le bilan du ZAN ?

- **La non-prise en compte des espaces naturels, agricoles et forestiers disposant d'une fonctionnalité des sols dégradés.**

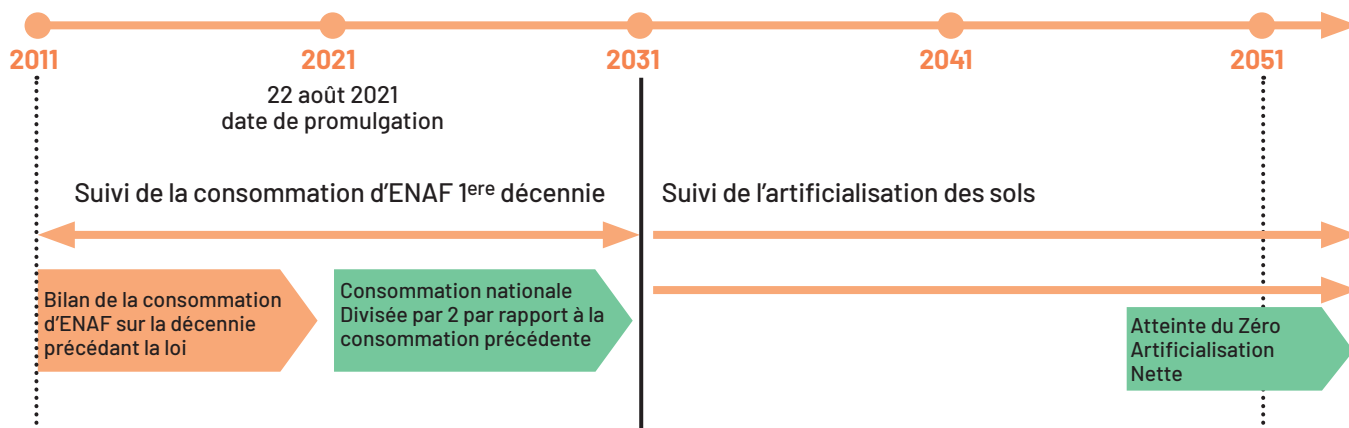
Pour rappel, **au regard de la loi Climat & Résilience, seule la désartificialisation d'espaces artificialisés peut être prise en compte dans l'application du ZAN** (voir schéma page précédente). Ainsi, la loi Climat & Résilience écarte une partie de l'approche scientifique de la renaturation, développée ci-avant, dans le sens où sont exclus les actions d'amélioration ou de restauration de la fonctionnalité des sols des espaces naturels, agricoles et forestiers dégradés. En effet, ces espaces dégradés sont considérés comme des surfaces non artificialisés et n'entrent pas le bilan du ZAN.

- **La non-prise en compte des petites actions de renaturation**

ARTIFICIALISÉ OU NON ? LE TERRITOIRE À LA LOUPE DE LA NOMENCLATURE « ZAN »



Calendrier de mise en place du ZAN, © Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires



2.3 Les différents techniques de renaturation

Il existe plusieurs techniques pour mener des actions de renaturation. Les choix et techniques doivent être adaptés à chaque situation et répondre à un objectif défini en amont. Pour cela, il est préférable de définir une trajectoire correspondant à la fois à l'évolution naturelle d'un écosystème sans intervention humaine et à une évolution subie sous diverses pressions anthropiques. Cette trajectoire doit permettre d'atteindre un écosystème dit « état de référence ». Cette trajectoire se base sur le rétablissement d'un écosystème antérieur intégrant sa composition spécifique, son fonctionnement écologique, sa capacité physique à accueillir des organismes vivants et sa connectivité avec le paysage ambiant. Enfin, cela permet également de pouvoir évaluer l'efficacité des actions engagées. Cette recherche de trajectoire et d'état de référence est essentiellement recherchée pour des actions de renaturation en milieu naturel ou semi-naturel. C'est quasiment impossible de retrouver un état de référence en milieu urbain. En ville, il s'agit plus souvent d'actions de réhabilitation, de réaffectation voire de régénération naturelle.

Régénération spontanée : Cela définit l'absence totale d'intervention humaine dans l'écosystème dégradé. Les espèces animales et/ou végétales disposent et occupent le site librement en fonction des espaces avoisinants et des caractéristiques intrinsèques du site.

Réaffectation écologique : Cela décrit ce qui se passe lorsqu'un écosystème est transformé par l'homme et qu'un nouvel usage en est fait. Cet usage n'a aucun lien avec l'écosystème préexistant. Il peut également s'agir, au travers une gestion spécifique, de privilégier une fonction particulière au détriment d'autres.

Réhabilitation écologique : Cela consiste à permettre aux sols de retrouver ses fonctions essentielles grâce à une intervention forte, mais limitée dans le temps. L'objectif est de retrouver un écosystème autonome, où les communautés végétales ont une forte capacité de résilience.

Restauration écologique : Il s'agit de stopper la dégradation d'un site et de rétablir la structure générale d'un écosystème préexistant. Cela ne peut se faire qu'à condition que l'écosystème ait conservé la capacité « à se restaurer », c'est-à-dire qu'il est capable de résilience après de l'intervention de l'homme.

Tableau récapitulatif des types de renaturation selon un gradient d'intervention humaine, © a'urba

	Degré d'intervention humaine croissante 			
Définition	Régénération spontanée	Réaffectation écologique	Réhabilitation écologique	Restauration écologique
Recherche état de référence	Non	Non	Oui	Oui
Degré d'intervention humaine	Nul	Elevée	Elevée mais sur un temps limité	Elevée
Avantages	- Pas de coût - Adaptée dans un temps long - Assure la conservation d'une biodiversité en milieu urbain	Détermination d'un nouvel usage par l'homme du futur site renaturé (y compris une protection de l'espace)	- Retour de certaines fonctions essentielles remplies par les sols - Retour d'un écosystème autonome	- Capacité de résilience du site dégradé - Rétablissement de l'écosystème historique - Retour d'un écosystème autonome
Exemples	Friche laissée à l'abandon pendant plusieurs années	Création d'habitats d'intérêts écologiques (ex : forêt urbaine, boisement, prairies, mares, haies) sur un espace artificialisé (ex : accueil public, renforcement d'un corridor écologique)	- Désurbanisation d'une zone d'expansion des crues avec plantations d'espèces filtrantes afin de lui réattribuer sa fonction de rétention des eaux - Remise à ciel ouvert d'un cours d'eau busé	- Reconstitution d'une mare en cours de fermeture, d'eutrophisation - Reprofilage d'un cours d'eau selon son lit d'origine

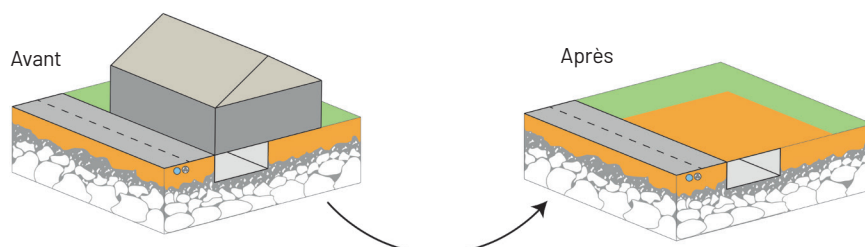
LES ÉTAPES CHRONOLOGIQUES DES ACTIONS DE RENATURATION

La déconstruction

Objectif : action d'effacer les éléments bâtis en surface.



© a-urba

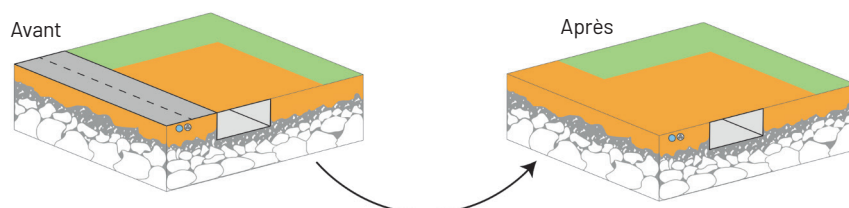


La désimperméabilisation

Objectif : redonner une perméabilité à la couche superficielle du sol et à rétablir la continuité horizontale de surface. Le recours à des revêtements poreux et drainants (: pavés non jointés, enrobés perméables), n'équivaut pas à une renaturation.



© Radio-Canada / Bertrand Galipeau

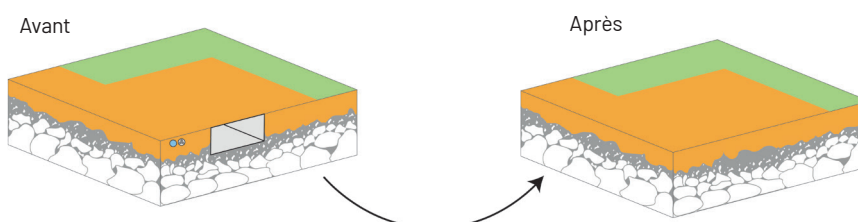


Le démantèlement

Objectif : effacement de réseaux enterrés (ex : canalisation d'assainissement) ou d'infrastructures souterraines (ex : tunnels, métro, parkings souterrains) afin de rétablir les continuités verticales (entre les sous-couches géologiques) et horizontales (trame brune) du sol.



© SEPS France

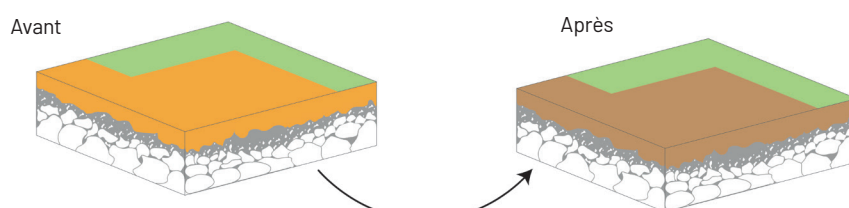


La dépollution

Objectif : décontaminer les sols de divers polluants (ex : métaux lourds, hydrocarbures, huiles minérales, produits phytosanitaires) dont l'origine provient d'activités passées (industrielles, artisanales, agricoles, etc.).



© France environnement

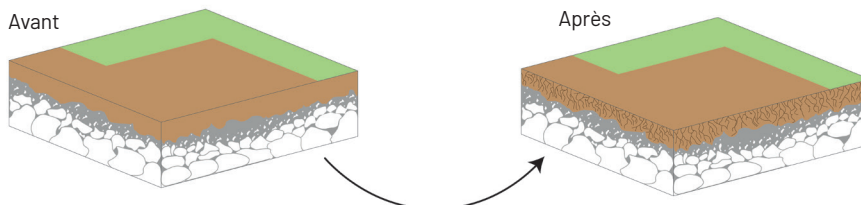


La décompaction

Objectif : effacer les éléments bâtis en surface.

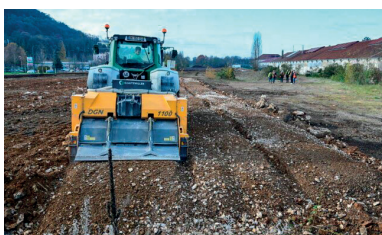


© Les amis du transformateur

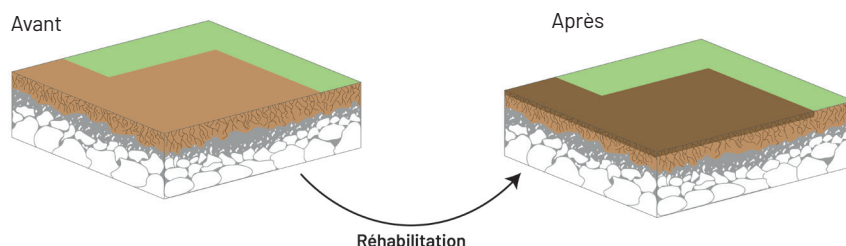


La réhabilitation

Objectif : construction de technosols qui permet de recycler des matériaux issus des milieux urbains (Seré, 2018) ou mieux via la réutilisation de terres décapées ou excavées in situ ou à une échelle territoriale de proximité (Marié, 2022). Ce processus de revitalisation des différents horizons du sol sera généralement accéléré en ayant recours à la végétalisation et/ou à des micro-organismes.



© Franck Lallemand



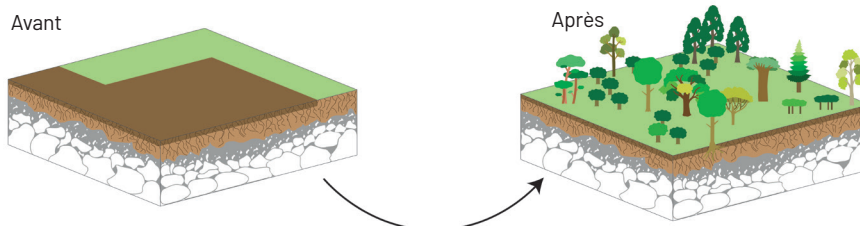
La végétalisation

Objectif : planter des espèces végétales. Cette végétalisation « anthropique », au même titre que la végétalisation « spontanée », permet d'amender les sols (rôle de production) grâce à l'apport de matières végétales et de maintenir une certaine humidité (rôle de protection).

Ainsi, cette végétation améliore directement les qualités physico-chimiques et biologiques du sol. De plus, le développement racinaire des végétaux favorise l'infiltration des eaux de pluie en profondeur. En revanche, une renaturation des sols de type régénération spontanée ne nécessite pas d'action de végétalisation.



© metropole-rouen-normandie



Légende des schémas

	sol végétalisé		sol artificialisé		sol désimperméabilisé
	sol imperméabilisé				sol renaturé

Les bénéfices pour les sols, des différentes étapes de la renaturation, © a'urba

Bénéfices pour le sol Étapes de renaturation	Perméabilité des sols : infiltration et structure	Reconnexion fonctionnelle : Trame brune		Qualité physico-chimique et biologique des sols
		Déplacement des espèces verticalement	Déplacement des espèces horizontalement	
La déconstruction	✓	✓		
La désimperméabilisation	✓	✓		
Le démantèlement		✓	✓	
La dépollution	✓			✓
La décompaction	✓	✓	✓	
La réhabilitation				✓
La végétalisation	✓		✓	✓
La renaturation	✓	✓	✓	✓

Conclusion

La **renaturation** peut être considérée comme partielle avec une restauration de certaines fonctions écologiques selon les pratiques mises en place. Le tableau démontre que chaque étape agit sur soit sur les caractéristiques des sols, soit sur les fonctions. Il démontre que pour atteindre une renaturation réussie d'un point de vue écologique, en fonction de l'état de dégradation initial du site, il est nécessaire de réaliser toutes les étapes, de la déconstruction à la végétalisation. En revanche, dès lors qu'elle permet de faire basculer un espace artificialisé en un espace désartificialisé selon la nomenclature ZAN, il est possible de considérer, d'un point de vue réglementaire, que la renaturation est atteinte.

La **désartificialisation** correspond à la renaturation complète d'un espace artificialisé, à savoir la transformation de cet espace en un espace pouvant être qualifié de naturel, agricole ou forestier. Atteindre une désartificialisation complète nécessite d'utiliser plusieurs techniques de renaturation adaptées à chaque cas (*France Stratégie*).

1 Renaturer les sols, des solutions pour des territoires durables – CDC Biodiversité– novembre 022

2.4 Les confusions possibles

Végétalisation ou verdissement

Pendant des décennies, la végétalisation ou verdissement dans l'aménagement urbain a été pensé pour améliorer l'espace urbain et en particulier au XX^e siècle lors de la période hygiéniste. De nombreux espaces publics ont été créés permettant aux habitants de bénéficier d'espaces de nature esthétiques et qualitatifs. Cependant, les espèces végétales plantées ont pendant longtemps été sélectionnées pour leurs qualités ornementales et leur intégration dans le paysage urbain. De même, l'entretien et la gestion relativement intensive ont laissé peu de place à la biodiversité. Enfin, ces plantations en milieu urbain nécessitent la plupart du temps un apport de terre végétale pour amender les sols urbains dégradés. La totalité de cette terre est issue d'excavation de terres agricoles riches et fertiles en périphérie des villes.

Depuis quelques années, l'approche paysagère a largement évolué, tendant vers une considération croissante des enjeux écologiques. Les services rendus par le végétal en ville tels que le rafraîchissement ou l'ombrage sont mis en avant dans les choix des végétaux, de même que leur rôle dans la trame verte.

Malgré tout, les caractéristiques biologiques et pédologiques des sols sont encore très peu prises en compte dans les aménagements paysagers. Les choix des plantations sont déterminés selon les besoins en eau et le climat local. Ainsi, ces approches de végétalisation ne peuvent pas être considérées comme de la renaturation. De la même manière, trois autres types d'aménagements végétalisés ne relèvent pas de la renaturation :

- Toitures et façades végétalisées ;
- Végétation hors sol et sur dalle ;
- Création d'îlots de pleine terre au sein d'un espace imperméabilisé.



Désimperméabilisation et végétalisation de la rue Kléber à Bordeaux, outils de renaturation - © a'urba



Renaturation d'une prairie, © metropole-rouen-normandie



Parc urbain intégrant les objectifs de la renaturation - © a-urba



Toitures végétalisées, ne répondant pas aux objectifs de la renaturation - © Sol & co et Flore 54

La compensation écologique

L'article 69 de la loi n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages rend obligatoire la mise en place des mesures de compensation par les aménageurs si l'évitement et la réduction des impacts sur la biodiversité n'ont pas été suffisants.

L'objectif est de financer et réaliser une action en faveur de la biodiversité générant un gain au moins équivalent à la perte résiduelle. Ces obligations légales ont été instaurées afin de répondre à la menace véritable de l'érosion de la biodiversité induite par l'artificialisation croissante des territoires et les activités anthropiques de l'homme, mettant de nombreuses espèces en danger, et exerçant une forte pression sur les services écosystémiques que celles-ci nous rendent.

Cette compensation écologique vise à **mettre en place des mesures afin de restaurer, créer, améliorer ou empêcher la perte ou la dégradation d'écosystèmes afin de compenser les impacts résiduels d'un projet d'aménagement ayant porté atteinte à la biodiversité.**

La compensation est ainsi intégrée dans le triptyque : **Éviter, Réduire, Compenser.**

L'évitement est à privilégier, car il s'agit de la seule opportunité qui garantisse la non-atteinte des enjeux environnementaux considérés. La compensation ne doit intervenir qu'en dernier recours, quand les impacts n'ont pu être évités, ni suffisamment réduits.

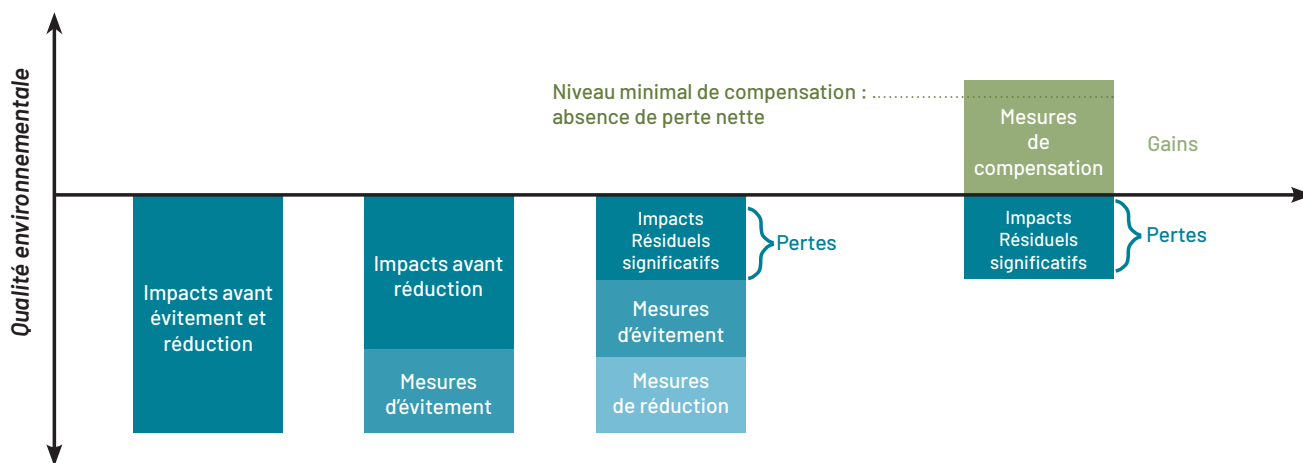
Le Décret d'application de la loi Climat & Résilience n° 2022-1673 du 27 décembre 2022 précise que les mesures de compensation doivent être mises en œuvre en priorité au sein des zones de renaturation préférentielles identifiées par les SCoT et par les OAP (Orientations d'Aménagement et de Programmation) portant sur des secteurs à renaturer, lorsque le projet le permet.

Au regard de la loi Climat & Résilience, les zones de renaturation préférentielles correspondent à des secteurs artificialisés qui pourraient faire l'objet d'une désartificialisation. Ainsi, conformément au décret cité précédemment, prioriser la mise en œuvre des mesures compensatoires au sein de ces zones préférentielles de renaturation implique de mener, en premier lieu, la compensation écologique sur des espaces artificialisés.

Cette précision, apportée par le présent décret, pourrait impliquer de restreindre la compensation écologique essentiellement à la réalisation d'actions de création d'écosystèmes naturels fonctionnels (ex : réhabilitation écologique des berges d'un cours d'eau canalisé, désimperméabilisation d'une zone d'expansion de crue).

À l'inverse, ce décret pourrait avoir tendance à mettre au second plan toutes les actions de compensation écologique qui vise à restaurer et améliorer le fonctionnement écologique d'écosystèmes naturels dégradés (ex : restauration d'une saulaie humide, réouverture d'une prairie en cours d'enfrichement, réhabilitation d'une mare polluée) étant donné que ces écosystèmes ne sont pas considérés comme artificialisés.

Gains de biodiversité



Pertes de biodiversité

Séquence « Éviter-réduire-Compenser » © Ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires © Traitement a'urba

2.5 Les enjeux de la renaturation

La renaturation va améliorer les conditions de vie des espèces faunistiques et floristiques vivant dans les sols et participer au maintien de la fonctionnalité écologique des territoires.

Reconquête de la biodiversité

L'action de renaturation des sols permet de créer des conditions favorables à la biodiversité grâce au développement d'habitats supports à différentes espèces, aériennes et souterraines, qui pourront y réaliser une partie de leur cycle de vie. Les sols urbains non artificialisés fournissent un refuge à la biodiversité en ville alors que leurs caractéristiques physico-chimiques (contamination, valeurs extrêmes de pH ou compaction, etc.) sont a priori peu « hospitalières » (Joimet et al, 2020).

Amélioration de la fonctionnalité des continuités écologiques.

Le maintien ou la restauration de sols non artificialisés en zones urbaines et périurbaines et leur connexion par des corridors écologiques sont un préalable au développement d'une biodiversité fonctionnelle.

Parmi les enjeux de renaturation en faveur de la biodiversité peuvent être identifiés :

- Étendre ou agrandir un réservoir, ou un espace à caractère naturel d'intérêt écologique ;
- Restaurer ou créer un habitat naturel ;
- Faciliter la libre évolution ou la reprise d'une dynamique de friches ;
- Rétablir des corridors entre les réservoirs de biodiversité.



Renaturation d'une friche - © Ademe

Pour des gains écologiques importants, la renaturation doit concerner prioritairement les surfaces imperméabilisées.

Création d'Ilots de Fraîcheur Urbains (IFU) ou réduction d'Ilots de Chaleur Urbains (ICU)

La végétation adossée à l'opération de renaturation joue un rôle en faveur du rafraîchissement grâce aux services écosystémiques qu'elle rend : ombrage, réflexion des rayons solaires et évapotranspiration. Selon ses caractéristiques (superficie, stratification végétale, etc.), l'opération de renaturation des sols peut favoriser le développement d'IFU ou, à minima, réduire certains ICU.

Dépollution des sols, de l'eau et de l'air par phytoremédiation

L'action de renaturation, synonyme de retour à des sols vivants et fonctionnels, favorise la dépollution des sols, l'épuration des eaux usées et l'assainissement de l'air (stockage du carbone) grâce aux espèces végétales (plantes vasculaires) et aux champignons qui se sont développés à partir de ces sols.



Mise en place de techniques de phytoremédiation au sein du Parc du Peuple de l'Herbe, dans le département des Yvelines, © Parc du Peuple de l'Herbe.

Développement d'espaces verts et de nature en ville

L'action de renaturation des sols impacte la vocation et l'usage des espaces ciblés. Certains d'entre eux peuvent être transformés en parcs ou jardins ce qui leur apporte un rôle récréatif et/ou de loisirs. Dans ce cas, ils participent à la réduction des zones de carence en espaces verts. D'autres, à l'intérêt écologique plus prononcé, peuvent jouer un rôle pédagogique de sensibilisation à la biodiversité auprès de la population.

Diminution du risque d'inondation par ruissellement

L'action de renaturation favorise l'accroissement du pouvoir filtrant des sols grâce au développement de la végétation. Ainsi, les sols renaturés participent à l'abattement pluvial dans le cadre d'une gestion alternative des eaux de pluie. De plus, une diversité d'espèces qui interagissent est bien plus résistante aux aléas climatiques et beaucoup plus stable dans le temps. C'est bien le retour de cette biodiversité fonctionnelle en ville, via des stratégies de renaturation adaptées, qui est à promouvoir (Barra, 2020).

Réduction du risque d'inondations par débordement de cours d'eau

L'action de renaturation des sols d'espaces localisés dans le lit majeur d'un cours d'eau permet une amélioration du stockage momentanée des eaux au sein des zones d'expansion de crues.

Diminution du risque d'érosion

L'action de renaturation des sols permet de réduire l'énergie de l'érosion pluviale grâce à la végétation qui joue un rôle de frein aux ruissellements.



Travaux de renaturation de l'Espace Naturel Sensible (ENS) d'Erretagia, Bidart, © ARB Nouvelle Aquitaine



Renaturation des berges d'un cours d'eau © Syndicat intercommunal pour l'entretien et l'aménagement de la Brenne et ses affluents



Plantation de haies au sein d'une parcelle agricole pour favoriser la biodiversité et limiter le ruissellement, © Sourisseau

L'EXEMPLE DE LA TRAME BRUNE DU GRAND NANCY

« Vers la création d'une trame brune des sols de la métropole du Grand Nancy pour favoriser la circulation de la biodiversité des sols et compléter la Trame Verte et Bleue »

TrameBioSol est un projet innovant pluridisciplinaire et de participation citoyenne ayant pour objectif la création et restauration d'une Trame Brune (des sols).

Cette trame vient compléter les Trames Verte (espaces verts) et Bleue (milieux humides) déjà existantes, sur un parcours comprenant 4 communes de la Métropole du Grand Nancy (Vandœuvre-lès-Nancy, Villers-lès-Nancy, Laxou, Ludres). L'ensemble de ces trames est nommé TVBB.

• Méthodologie déployée :

Tout d'abord, une reconnaissance des secteurs pouvant être concernés par le projet a été effectuée, afin de cibler au mieux les zones pouvant apporter les résultats les plus concluants possible.

Le projet a été lancé en 2021, en réponse à deux Appels à Projets (TVB « TrameBioSol » de la DREAL, l'Agence de l'eau et la région Grand est, et Initiative citoyenne de la région Grand est).

Des prélèvements ont été réalisés avec 12 fosses pédologiques et trois sondages à la tarière sur 15 sites différents.

Pour chaque site, des échantillonnages et une description de l'environnement et de l'état de ces différents sols ont été réalisés avec une importante participation citoyenne. Des inventaires faunistiques sont venus compléter la description de l'état des sols.



Réalisation d'une fosse pédagogique, © Sol&Co

Après une analyse physico-chimique des prélèvements, les caractéristiques et fonctions des sols ont pu être déterminées.

En parallèle, des actions de communication ont été menées avec la conception de 15 panneaux pédagogiques pour chacun des sites échantillonnés afin d'informer et de sensibiliser le grand public sur le projet et les résultats des analyses réalisées. Un site internet dédié au projet a également été réalisé, complété par un cycle de conférences, d'animations, de sorties et de formations.

• Livrables :

- Livrets pédagogiques ;
- Carnets de jeu sur les sols et ses habitants ;
- Document d'aide à la décision : outil d'aide à la décision (OAD) rédigé par Sol&Co, afin de faciliter l'intégration des sols et de la biodiversité dans l'aménagement, aussi bien à l'échelle parcellaire que territoriale.

Cet outil est une aide méthodologique pour intégrer la biodiversité des sols à l'Atlas de la Biodiversité métropolitaine pour donner une stratégie de prise en compte des sols. C'est un guide d'utilisation volontairement simple et succinct, dans le but d'initier une démarche d'élaboration d'une trame brune à l'échelle d'une métropole.

• Pour plus d'informations : <https://tramebiosol.fr/>



La trame brune ou la continuité écologique des sols

Le concept de Trame Brune est similaire à celui de la Trame Verte & Bleue ou de la Trame Noire. Il définit l'identification de réservoirs de biodiversité et de corridors écologiques formant les continuités écologiques.

En tant que réseau écologique, elle est constituée de réservoirs et de corridors pédologiques permettant d'assurer les conditions les plus favorables au maintien, au développement et/ou à la restauration d'un maximum d'espèces vivant dans le sol. Elle permettrait également d'assurer le brassage génétique d'un réservoir à l'autre pour des espèces ayant de faibles capacités de dispersion et qui accomplissent tout leur cycle de vie dans le sol.

L'Union Professionnelle du Génie Écologique (UPGÉ) a proposé une définition du concept de « **trame brune** » : « La trame brune est constituée par l'ensemble tridimensionnel des éléments biotiques et abiotiques¹ constituant des sols permettant d'assurer les fonctions et continuités écologiques nécessaires aux organismes réalisant tout ou partie de leur cycle de vie dans la pédosphère » (UPGÉ, septembre 2021).

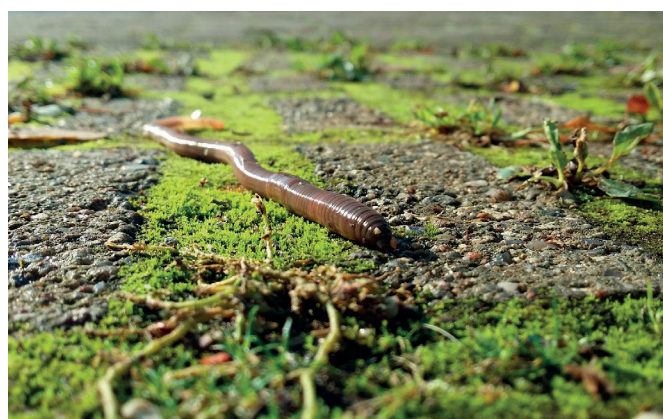
La conceptualisation de la **Trame Brune** consiste à identifier les secteurs du territoire dont les sols présentent les meilleurs paramètres biologiques et physico-chimiques, autrement appelés réservoirs et corridors pédologiques, d'évaluer leurs fonctionnalités pour identifier les espaces les plus propices pour la biodiversité des sols. En milieu urbain, comme pour la Trame Verte et Bleue, les réservoirs et corridors sont souvent isolés et fragmentés.

Elle devra donc être définie et opérée par les acteurs grâce à une description cartographique des sols et une évaluation de la fonctionnalité écologique des sols.

Cet outil de Trame Brune pourrait permettre aux élus et acteurs de l'aménagement du territoire de mieux comprendre la fonctionnalité des sols et la nécessité de tenir compte des sols pour leurs fonctions écologiques (UPGÉ, septembre 2021), et non simplement pour leur valeur foncière.

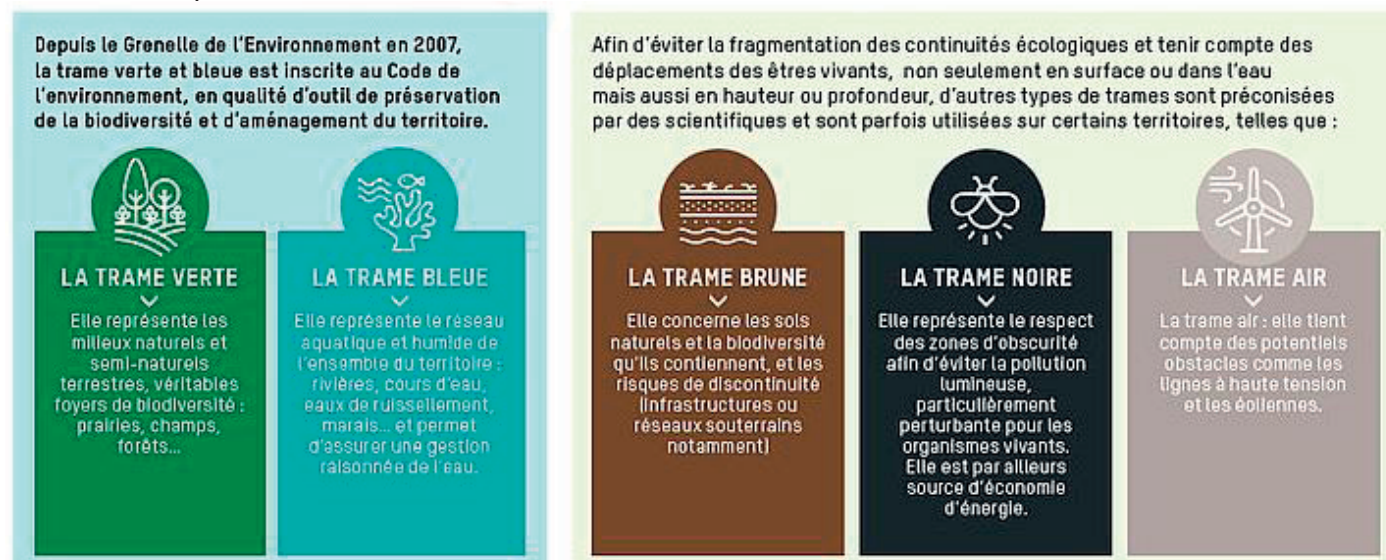
Le concept de Trame Brune est très novateur et, pour l'instant, très peu pris en compte dans l'aménagement du territoire ou encore dans la littérature scientifique. Actuellement, très peu de collectivités se sont engagées dans l'identification de Trame Brune à l'échelle de leurs territoires notamment par manque de données disponibles. Cependant, la sensibilisation croissante aux enjeux de préservation des sols pousse de plus en plus les acteurs de l'aménagement à considérer les sols dans leur diagnostic.

L'agence d'urbanisme de Toulouse propose et illustre un élargissement de ces trames à d'autres trames (noire, jaune, etc.) formant une trame « arc-en-ciel », permettant aux acteurs de l'aménagement de disposer de nouveaux outils.

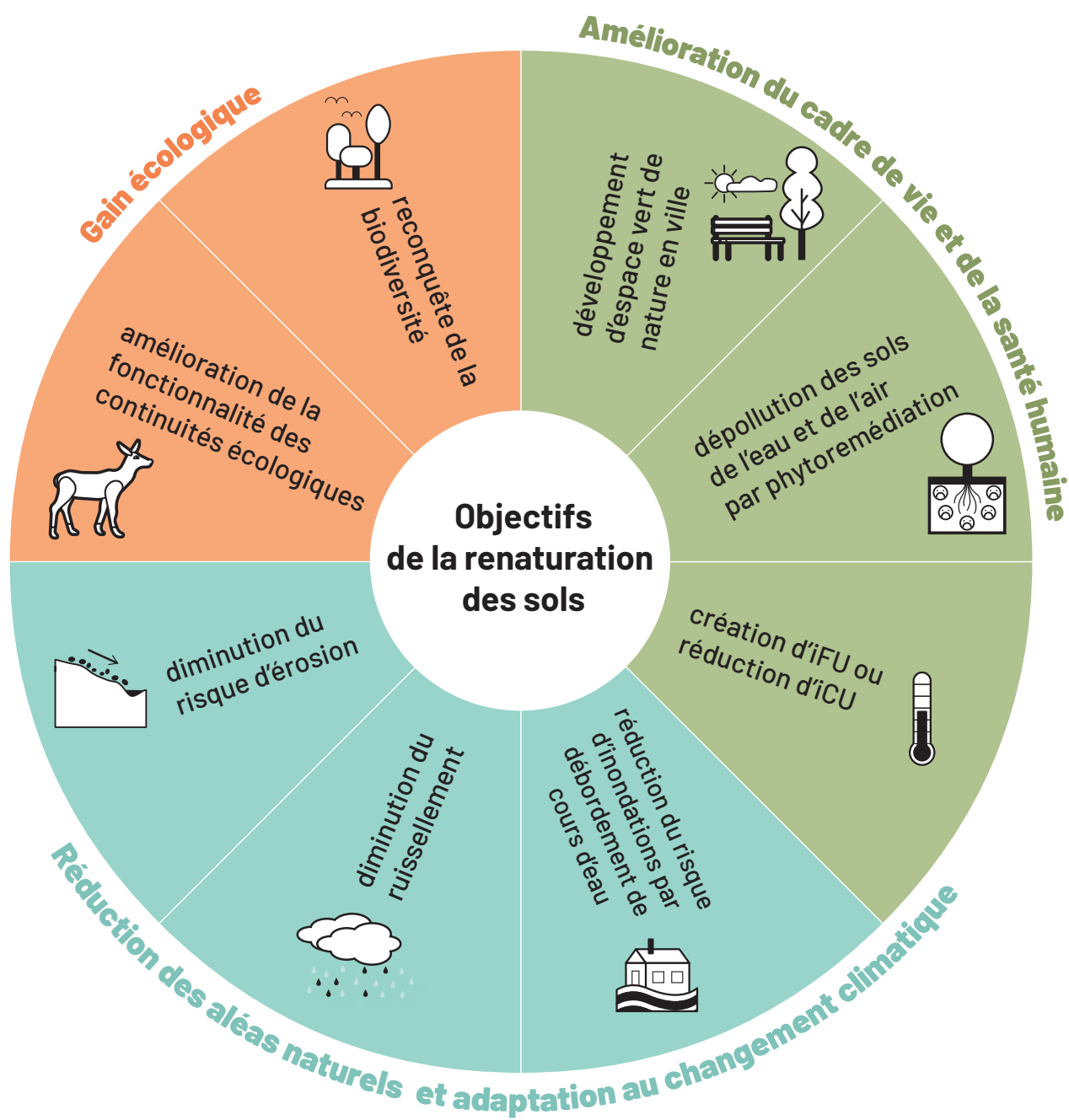


Les déplacements contraints de la faune sur les sols scellés © Centre de ressources du génie écologique

LES TRAMES, OUTILS D'AMÉNAGEMENT DU PAYSAGE



Cinq trames pour rétablir la fonctionnalité écologique des écosystèmes © Cité verte



PARTIE 3

Les outils réglementaires et financiers à disposition des collectivités

3.1 Les outils réglementaires disponibles

p.32

3.2 Les outils financiers

p.36

3.3 Les outils applicables à l'urbanisme

p.38

3.1 les outils réglementaires disponibles

Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET)

Approuvé en mars 2020, le SRADDET est un schéma intégrateur à l'échelle de la région Nouvelle-Aquitaine qui apporte une vision globale et transversale du territoire. Issu de la loi NOTRe de 2015, il constitue le « support de la stratégie régionale pour un aménagement durable et équilibré des territoires de la région » (source Région Nouvelle-Aquitaine). Ce document constitue un cadre d'orientation des stratégies et des actions opérationnelles des collectivités territoriales vers un aménagement plus durable, à travers notamment les futurs documents d'urbanisme. Il se décline en un rapport détaillant les 14 objectifs stratégiques du schéma, d'un fascicule des 41 règles générales assorties de mesures d'accompagnement et d'indicateurs de suivi et d'évaluation. Il est opposable aux documents de planification et d'urbanisme infra régionaux.

Deux règles générales abordent plus spécifiquement la biodiversité et la renaturation :

RG35 - Les documents de planification et d'urbanisme qui identifient des secteurs voués à l'urbanisation doivent y prévoir des principes d'aménagement visant à préserver et à restaurer la fonctionnalité des écosystèmes, la biodiversité et le paysage.

RG36 - Les documents de planification et d'urbanisme protègent les continuités écologiques et préservent la nature en ville. Pour cela ils peuvent mobiliser des outils adaptés tels que les zonages, les Orientations d'Aménagement et de Programmation (OAP), la définition d'un Coefficient de Biotope par Surface (CBS), ou encore la définition d'emplacements réservés.

Les SCoT et les PLUi/PLU devront prendre en compte les objectifs du SRADDET et être compatibles avec ses règles générales. Celles-ci ont pour but d'atteindre les objectifs et orientations fixés dans les différents domaines portés par le schéma.

Schéma de Cohérence Territoriale (SCoT)

Le SCoT fixe les grandes orientations d'aménagement et de développement durable de son territoire en assurant la cohérence des politiques publiques concernant l'habitat, l'économie, les déplacements, l'environnement. Il doit respecter les objectifs de développement durable dans la planification du développement du territoire concerné en respectant trois principes :

- Principe d'équilibre entre le renouvellement urbain, le développement urbain maîtrisé, le développement de l'espace rural et la préservation des espaces naturels et des paysages ;
- Principe de diversité des fonctions urbaines et de mixité sociale ;
- Principe de respect de l'environnement, comme les corridors écologiques, et de lutte contre l'étalement urbain. (Source ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie).

La réforme entreprise par la loi Élan pour moderniser les SCoT a fait apparaître la notion de « lutte contre l'artificialisation » parmi les objectifs de politique publique qui y sont déclinés. Elle a également étoffé leur contenu en matière de transition écologique, de valorisation des paysages et de protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, c'est-à-dire entre autres concernant les trames vertes et bleues.

Les collectivités territoriales mettent d'ailleurs déjà en œuvre de nombreuses actions de renaturation et de restauration des continuités écologiques. Toutefois, les initiatives de renaturation sont souvent menées projet par projet, à l'échelle individuelle, ou portées par les collectivités territoriales compétentes (le département ou les EPCI principalement).

Il est donc apparu pertinent de développer la planification de ces opérations dans les documents d'urbanisme (SCoT, PLU), pour viser une plus grande cohérence d'ensemble et une meilleure efficacité, et de fournir dans la loi Climat et Résilience de nouveaux outils aux collectivités à cette fin.

Parmi les documents constitutifs d'un SCoT, le document d'orientation et d'objectifs (DOO) 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 ainsi qu'en matière d'insertion et de qualité paysagères des activités économiques, agricoles, forestières et de production et de transport d'énergie, les espaces naturels, agricoles, forestiers ou urbains à protéger, notamment en raison de leur participation à l'amélioration du cadre de vie (...);

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 ainsi que des zones propices à l'accueil de sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation (art.L.141-10 du code de l'urbanisme);

Un décret du 27 décembre 2022 précise les modalités d'identification et de mise en œuvre de ces zones.

Il prévoit donc que les **documents graphiques localisent** les espaces ou sites à protéger ainsi que, le cas échéant, **les zones préférentielles pour la renaturation** en application des 2° et 3° de l'article L. 141-10.

Renaturation vs compensation écologique

La loi Climat et Résilience a également apporté des précisions concernant la mise en œuvre des mesures de compensation. Ainsi « elles sont mises en œuvre en priorité au sein des zones de renaturation préférentielles identifiées par les schémas de cohérence territoriale en application du 3° de l'article L. 141-10 du Code de l'urbanisme et par les orientations d'aménagement et de programmation portant sur des secteurs à renaturer en application du 4° du I de l'article L. 151-7 du même Code, lorsque les orientations de renaturation de ces zones ou secteurs et la nature de la compensation prévue pour le projet le permettent ». Un décret en Conseil d'État précise les modalités d'application du présent alinéa.

Les mesures de compensation mentionnées à l'article L. 163-1 sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé. En cas d'impossibilité (...), elles sont réalisées prioritairement dans les zones de renaturation préférentielle (...) dès lors qu'elles sont compatibles avec les orientations de renaturation de ces zones et que leurs conditions de mise en œuvre sont techniquement et économiquement acceptables.

« À défaut, les mesures de compensation sont mises en œuvre conformément aux autres dispositions de l'article L. 163-1. »

Plans Locaux d'Urbanisme Intercommunaux (PLUi) et Communaux (PLU)

Les plans locaux d'urbanisme (PLU), qui constituent les pièces maîtresses de l'urbanisme actuel, ne tiennent pas compte des multifonctionnalités des sols urbains (Blanchart et al., 2018 ; Cerema, 2021). Or, les sols urbains sont aptes à répondre à la multifonctionnalité espérée, à la seule condition que leur qualité (p. ex. caractéristiques physico-chimiques, biologiques, fertilité, pollution) soit évaluée, puis prise en compte par les acteurs de l'aménagement, en amont du processus de planification ou de projet.

Plan d'aménagement et de développement durables (PADD)

Le PADD définit :

Les orientations générales des politiques d'aménagement, d'équipement, d'urbanisme, de paysage, de protection des espaces naturels, agricoles et forestiers, et de préservation ou de remise en bon état des continuités écologiques.

Il ne peut prévoir l'ouverture à l'urbanisation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers que s'il est justifié, au moyen d'une étude de densification des zones déjà urbanisées, que la capacité d'aménager et de construire est déjà mobilisée dans les espaces urbanisés.

Pour ce faire, il tient compte de la capacité à mobiliser effectivement les locaux vacants, les friches et les espaces déjà urbanisés pendant la durée comprise entre l'élaboration, la révision ou la modification du plan local d'urbanisme et l'analyse prévue à l'article L. 153-27 » (art. L.151-5 du Code de l'urbanisme).

EXEMPLES DU PLU BIOCLIMATIQUE DE PARIS

ORIENTATIONS DU PADD (ARRÊTÉ EN 2023)

Donner sa place à la nature dans la ville

Orientation 1 : La nature, des apports bénéfiques multiples au fonctionnement de la cité.

Consolider et valoriser les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques existants de la ville de Paris et d'en créer de nouveaux,

La renaturation de la ville passe également par le fait de considérer plus finement chaque espace du tissu urbain comme un potentiel support de végétalisation, de déploiement de la pleine terre et de facilitation de circulation des espèces (...)

Faire du sol, du végétal et de l'eau des éléments structurants du cadre urbain

Orientation 2 : La valorisation du sol urbain, support de la biodiversité et outil d'adaptation au changement climatique.

Préserver, restaurer et développer les espaces de pleine terre existants, en particulier dans les espaces en relation avec des continuités écologiques

Viser une désartificialisation importante et une renaturation qualitative permettant de recréer des sols aux réelles fonctionnalités écologiques, avec pour objectif d'atteindre 40 % de surfaces non imperméabilisées d'ici 2050 soit 3890 hectares ;

Envisager chaque nouvel espace de pleine terre créé au regard de son lien avec les espaces de pleine terre et les continuités écologiques existants ;

Recréer sur le territoire des sols fertiles à partir de terres excavées inertes et répondant aux seuils de qualité de la ville de Paris équivalents aux valeurs de fond des terres agricoles d'Île de France.

Orientation 3 : Préserver, restaurer et développer les milieux humides et favoriser les nouveaux usages de l'eau.

Pour cela le PLU bioclimatique traduit les dispositions du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du bassin versant de la Seine s'étendant de 2022 à 2027, et tient compte du plan Paris Pluie en proposant notamment de « Favoriser la désimperméabilisation, la renaturation et les continuités piétonnes des berges de la Seine et de restaurer le cours de la Bièvre ».

Le règlement

Concernant le renouvellement urbain :

Le règlement peut imposer une part minimale de surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables, éventuellement pondérées en fonction de leur nature, afin de contribuer au maintien de la biodiversité et de la nature en ville (art. L.151-22 du Code de l'urbanisme);

Il peut imposer, en application de l'article L. 151-22, que « les surfaces non imperméabilisées ou éco-aménageables d'un projet représentent une proportion minimale de l'unité foncière. Il précise les types d'espaces, construits ou non, qui peuvent entrer dans le décompte de cette surface minimale en leur affectant un coefficient qui en exprime la valeur pour l'écosystème par référence à celle d'un espace équivalent de pleine terre ». (Art. R.151-43 (1^o) du Code de l'urbanisme).

Orientations d'aménagement et de programmation (OAP)

Les OAP sectorielles ou thématiques (Trame Verte et Bleue, paysage et biodiversité) :

- Elles permettent, en cohérence avec le projet d'aménagement et de développement durables, les actions et opérations nécessaires pour mettre en valeur les continuités écologiques.

Aux termes de l'article L151-7 C. urb, les orientations d'aménagement et de programmation peuvent notamment :

- Définir les actions et opérations nécessaires pour mettre en valeur l'environnement, les paysages, les entrées de villes et le patrimoine, lutter contre l'insalubrité, permettre le renouvellement urbain, favoriser la densification et assurer le développement de la commune ;
- Définir les actions et opérations nécessaires pour protéger les franges urbaines et rurales. Elles peuvent définir les conditions dans lesquelles les projets de construction et d'aménagement situés en limite d'un espace agricole intègrent un espace de transition végétalisé non artificialisé entre les espaces agricoles et les espaces urbanisés, ainsi que la localisation préférentielle de cet espace de transition ;

Les OAP peuvent plus précisément :

- « (...) Porter sur des quartiers ou des secteurs à mettre en valeur, réhabiliter, renaturer, notamment par l'identification de zones propices à l'accueil de sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation, restructurer ou aménager (...) ».

Aux termes de l'article R.151-7 C. urb, les OAP peuvent identifier des zones préférentielles pour la renaturation et préciser les modalités de mise en œuvre des projets de désartificialisation et de renaturation dans ces secteurs. Ces zones ou secteurs peuvent être délimités dans le ou les documents graphiques prévus à l'article R. 151-10.

Emplacements réservés aux espaces de continuités

Afin de contribuer à la qualité du cadre de vie, assurer un équilibre entre les espaces construits et les espaces libres et répondre aux enjeux environnementaux (C. urb., art. R. 151-4), l'autorité compétente en matière de PLU peut décider de classer certains terrains en emplacements réservés dans le but de protéger les espaces de continuités écologiques (C. urb., art. L. 113-30).

Le règlement du PLU peut « [...] délimiter des terrains sur lesquels sont institués [...] des emplacements réservés aux espaces verts à créer ou à modifier ou aux espaces nécessaires aux continuités écologiques ». La destination de cet emplacement réservé doit être précisée (C. urb., art. R. 151-4) ».

Dans les seules zones urbaines, le PLU peut « localiser [...] les terrains cultivés [...] à protéger et inconstructibles, quels que soient les équipements qui, le cas échéant, les desservent ».

Enfin le décret du 27 décembre 2022 permet également aux OAP d'identifier ces zones, qui peuvent aussi être identifiées dans le règlement graphique du PLU.

3.2 Les outils financiers disponibles

Le coût des opérations de renaturation des sols imposera le plus souvent une ingénierie financière complexe reposant sur différentes sources de financements et sur des pas de temps assez conséquents.

Il est très difficile d'estimer en amont les coûts de la renaturation qui sont dépendants de l'état initial du sol, de son degré d'artificialisation et de l'usage qu'il est envisagé de lui affecter.

EUROPE

Fonds européen de développement économique régional (FEDER)

L'objectif central du FEDER est de renforcer la compétitivité et la cohésion des régions européennes. Spécialement destiné aux régions, il permet de financer des programmes d'investissements pluriannuels sur des thématiques relevant de la recherche, la transition des territoires... Parmi les thématiques intégrées à ce programme figurent l'adaptation au changement climatique, la protection de la nature et la biodiversité, l'accès à l'eau et la gestion durable de l'eau...

Il fonctionne selon le principe du cofinancement. Cela signifie que les projets bénéficiaires du financement du FEDER doivent également recevoir un financement provenant d'autres sources, souvent nationales ou régionales. Le taux de cofinancement peut varier en fonction du niveau de développement économique de la région concernée (jusqu'à 50 % dans les plus développées ou jusqu'à 60 % dans les Régions en transition).

Programme Life

Programme entièrement consacré aux thématiques environnementales et climatiques. Démarré en 1992, il est reconduit depuis. Les fonds répartis en 4 sous-programmes dont « Nature et Biodiversité » et « Atténuation du changement climatique et adaptation », doivent répondre à plusieurs objectifs : soutien à la transition écologique, la protection, l'amélioration et la restauration de notre environnement, mettre un terme à l'érosion de la biodiversité, améliorer la gestion des zones Natura 2000 et soutenir les idées vertes.

L'attribution des fonds pour les organismes privés ou publics fonctionne sous forme d'appel à projets annuel formulé par la Commission européenne. Le programme LIFE offre des subventions. Le taux de cofinancement s'élève à maximum 60 % des coûts éligibles et 75 % pour les projets relevant du sous-programme « Nature et biodiversité ». Certaines actions de renaturation peuvent potentiellement faire l'objet d'un financement par ce programme européen.

ÉTAT

Créés en 2003, les Programmes d'Actions de Prévention des Inondations (PAPI) ont pour objet de promouvoir une gestion intégrée des risques d'inondation en vue de réduire leurs conséquences dommageables sur la santé humaine, les biens, les activités économiques et l'environnement. Les PAPI sont portés par les collectivités territoriales ou leurs groupements. Ce dispositif est un outil de contractualisation, pensé à l'échelle du bassin de risque, entre l'État et les collectivités qui souhaitent mettre en œuvre des actions sur le territoire selon plusieurs axes. L'État contribue au financement des projets que comportent les PAPI en mobilisant le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) dans le cadre d'un cahier des charges national. Dans le cadre de ces programmes et pour bénéficier des subventions de l'État, une évaluation socio-économique est obligatoire pour les projets relatifs au ralentissement des écoulements (bassins de rétention, restauration du lit de la rivière...) ou aux ouvrages de protection hydraulique (digues...) dont le coût est supérieur à 2 M€ HT.

Fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires (Fonds vert) :

Dispositif inédit, le fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires, aussi appelé « Fonds vert », aide les collectivités à renforcer leur performance environnementale, adapter leur territoire au changement climatique et améliorer leur cadre de vie. Il est doté d'un financement annuel de crédits déconcentrés aux préfets pour le financement des projets présentés par les collectivités territoriales et leurs partenaires publics ou privés. Coordonnées par la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGLN), les enveloppes sont réparties entre les régions selon les types d'actions à prioriser en fonction d'indicateurs territoriaux. Les préfets ventilent ensuite les enveloppes régionales entre les départements qui composent la région. L'axe « Adapter les territoires au changement climatique » flèche plusieurs actions propres à la renaturation :

Action « Renaturation des villes et villages » :

- Renforcement des aides apportées par les PAPI pour compléter le financement à hauteur de 10 % du coût total du projet comme par exemple la renaturation de cours d'eau ou la désimperméabilisation des sols,
- La pérennisation des mesures liées au recul du trait de côte avec la possibilité de confier aux EPCI ou au Conservatoire du Littoral le pilotage de travaux d'aménagement et le financement de travaux permettant l'adaptation du territoire dans le cadre d'un projet partenarial d'aménagement opérationnel ;
- Fonds d'accélération de la transition écologique dans les territoires.

ÉTABLISSEMENTS PUBLICS

Caisse des dépôts et consignations

Aides au financement d'opérations de renaturation des sols.

Établissements publics fonciers (EPF)

Dans certaines régions, les EPF prennent en charge une partie des coûts de déconstruction, de dépollution ainsi que ceux liés aux travaux de renaturation (ex : gestion des risques, protection/ restauration de la biodiversité).

Agence de l'eau Adour-Garonne

11^e programme d'intervention pour la période 2019-2024 (6 ans - 252 M€/an);

Les agences disposent de moyens favorisant une intervention directe, ou indirecte par la mise en place d'aides financières ou de soutien technique à la préservation/restauration des milieux aquatiques, humides et littoraux, ainsi qu'à celle des continuités écologiques. La mise en place d'appel à projets ou à manifestation d'intérêt constitue également un autre levier dont dispose l'agence de l'eau. Une multitude d'actions sont ainsi éligibles à des aides pouvant atteindre jusqu'à 80 % du total : études et suivis, acquisitions foncières, travaux de renaturation,... Il est aussi à noter que dans le cadre du fonds vert les agences possèdent une capacité d'intervention supplémentaire de 100 millions d'euros supplémentaires.

Agence de la transition écologique et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

Dans le cadre de ses missions, elle possède un rôle de gestion d'une partie du fonds vert. Elle peut ainsi financer des études, ou réaliser des subventions d'investissement dans les projets de renaturation des sols, d'espaces urbains...

L'ADEME bénéficie également de 40 millions d'euros provenant du fonds friche pour permettre la mise en place d'appels à projets de reconversion de friches polluées, d'aides financières pour la reconversion des friches polluées ou à risque de pollution.

Office français pour la Biodiversité

Les financements attribués par l'OFB peuvent répondre à plusieurs objectifs :

- Aider à faire : l'aide peut prendre la forme d'une subvention en faveur d'un projet qui relève de l'initiative et de la responsabilité du bénéficiaire ;
- Faire ensemble : l'OFB et son partenaire fournissent ensemble, dans un but d'intérêt général, un service via la mise en commun de moyens, dans le cadre d'un contrat de coopération ;
- Faire faire : l'OFB fait réaliser une prestation de recherche et développement cofinancée avec un partenaire/prestataire public ou privé en concluant un marché de recherche et développement.

Il participe également au financement des Atlas de la Biodiversité communale, à l'intégration des enjeux d'adaptation au changement climatique dans les plans de gestion des aires protégées, l'intégration des solutions d'adaptation fondées sur la nature et à la mobilisation des acteurs à travers l'initiative Engagés pour la nature (Territoire Engagé pour la Nature).

Le Conservatoire du Littoral

Il dispose d'une capacité d'action en faveur de la biodiversité. Il peut notamment réaliser une activité d'acquisition foncière et déléguer la gestion des espaces naturels aux collectivités territoriales, aux établissements publics, ou aux associations. Il intervient en priorité sur les espaces soumis à des pressions, les sites naturels d'un intérêt patrimonial, les lieux emblématiques, tout en permettant la pérennisation des activités économiques traditionnelles.

Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU)

Dans le cadre de son soutien aux actions innovantes en matière de transition écologique, elle peut financer des actions de renaturation dans le cadre de projet d'aménagement.

RÉGION

Aides financières pour accompagner des porteurs de projets, communes et groupements de communes en particulier, dans la recomposition de zone d'activités économiques pour laisser davantage de place à la pleine terre, dans la renaturation d'espaces artificialisés laissés à l'abandon ou dans la restauration de continuités écologiques aquatiques ou terrestres.

DÉPARTEMENTS

- Opérations d'acquisition financées par la taxe d'aménagement pour mener à bien des opérations de renaturation des sols ;
- Exemple : Dispositif « Renaturer » en Loire-Atlantique ;
- Exemple : Fonds d'Intervention aux Enjeux écologiques Territoriaux dans le Pas-de-Calais ;
- Politiques de préservation des espaces naturels sensibles (ZPENS, ORE et PEANP) ;
- Convention d'aménagement de bourg (CAB).

COMMUNES ET EPCI :

- projets de renaturation des sols affichés dans le budget annuel ou via un fléchage pluriannuel ;
- projets de renaturation des sols affichés dans les budgets participatifs.

3.3 Les outils applicables à l'urbanisme

Les sols constituent un patrimoine commun à préserver. L'application du ZAN nécessite de prendre en compte le bon équilibre des usages des sols dans la vision stratégique de l'aménagement du territoire. Il est indispensable que les futurs documents d'urbanisme et de planification ainsi que les projets d'aménagement assurent l'équilibre de la multifonctionnalité des sols avec les besoins sociaux et économiques des populations (Xavier Marié). De support inépuisable, les sols sont de nouveau appréhendés comme une ressource naturelle indispensable et non renouvelable (Patrick Henry).

La planification constitue le premier levier à disposition des collectivités pour préserver les sols. Le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) définit l'application de la séquence Éviter-Réduire-Compenser dans le cadre du ZAN ainsi : (...) « La façon la plus évidente d'éviter la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers est de diminuer les constructions en surface de plancher (...). Lorsque ces mesures d'évitement sont impossibles, l'impact d'une construction artificialisante peut être réduit en améliorant sa densité bâtie. En dernier recours, des mesures de renaturation ou de restauration d'espaces naturels peuvent être engagées pour compenser les dégradations environnementales résiduelles d'une opération ».

Il est donc indispensable d'articuler une meilleure connaissance des fonctionnalités des sols d'un territoire et de durabilité foncière afin d'avoir une stratégie globale de l'artificialisation future des territoires qui intègre les enjeux écologiques.

Par exemple, la ville de Berlin a développé, entre autres outils, un atlas des sols, dont l'objectif est d'identifier les enjeux liés aux sols tels que leurs fonctionnalités, leurs caractéristiques physiques, biologiques ou chimiques. Ces cartes sont ensuite utilisées à l'échelle de la planification territoriale de la ville ainsi qu'à l'échelle des projets d'aménagement. Les sols constituent ainsi un critère majeur pour arbitrer le développement urbain de la ville de Berlin, assurant la préservation des ressources naturelles. La conception et la mise en œuvre de stratégies de renaturation des sols appellent à modifier les objectifs, voire la vision, d'un projet de territoire, en considérant que le non bâti devient aussi important que le bâti et en transformant les « espaces non bâtis et les continuités écologiques en épice des transitions » (Fédération nationale des SCoT, 2022).

En 2024, il existe encore très peu de territoires disposant d'une stratégie ou d'un modèle pour prévoir la renaturation à l'échelle d'un grand territoire.

L'acquisition de connaissances constitue un préalable indispensable afin de disposer d'un panel complet d'indicateurs pour établir un diagnostic détaillé des enjeux d'un territoire étudié.

À l'échelle du projet d'aménagement

Face à l'urbanisation et aux changements globaux, les villes très minérales doivent évoluer pour devenir multifonctionnelles et résilientes (Joimel et al. 2021). Cette nécessité se manifeste notamment par le besoin de nature en ville et le maintien du bien-être de ses habitants. Pour cela il faut placer les sols au centre des projets urbains et d'aménagement, en ne les considérant plus comme une surface support de nos activités, mais comme une épaisseur vivante, un lieu d'interactions et d'échanges jouant un rôle majeur dans l'adaptation au changement climatique, l'accès à l'alimentation des populations et la protection de la biodiversité.

Les projets d'architecture et de paysage contemporains ne font pas de la connaissance du sol et de sa qualité un préalable. Pourtant, le Groupement d'Intérêt des Sols (Gis Sol) identifie **neuf services écosystémiques** rendus par les sols : la production végétale, la structuration du paysage, une source de matériaux, un support pour les infrastructures, la conservation du patrimoine géologique et archéologique, le pouvoir épurateur et filtrant, une réserve en eau, la régulation des flux de gaz à effet de serre, et un réservoir de biodiversité.

Le sol est encore trop souvent considéré comme une surface foncière à deux dimensions et servant de réservoir à l'aménagement. Une étude menée par l'Atelier Georges, agence d'urbanisme, de paysage et d'architecture, qualifie même ce type de sol de « sol foncier » à l'opposé d'un « sol vivant » intégrant les fonctions écologiques des sols, mais aussi le droit d'usage et de propriété, etc.

À travers son guide, l'ARB Île-de-France a mis en évidence les prérequis indispensables pour mener à bien un projet de renaturation. Tout d'abord, **l'équipe projet doit être pluridisciplinaire et transversale entre les services des collectivités concernées**. Des compétences en écologie sont primordiales et doivent être identifiées et intégrées en amont. Par ailleurs, la participation citoyenne doit, elle aussi, être réfléchie dès le démarrage pour favoriser l'acceptabilité et l'implication de tous.

Des diagnostics préalables sont nécessaires pour connaître les caractéristiques du site étudié, notamment l'occupation du sol, les activités ayant eu lieu, etc.

Par exemple, le portail « Remonter le temps » proposé par l'IGN permet d'avoir un aperçu de l'évolution temporelle du site. Il convient ensuite d'écarter ou de mettre en évidence toute pollution éventuelle des sols, qu'il faudrait traiter en amont du projet.

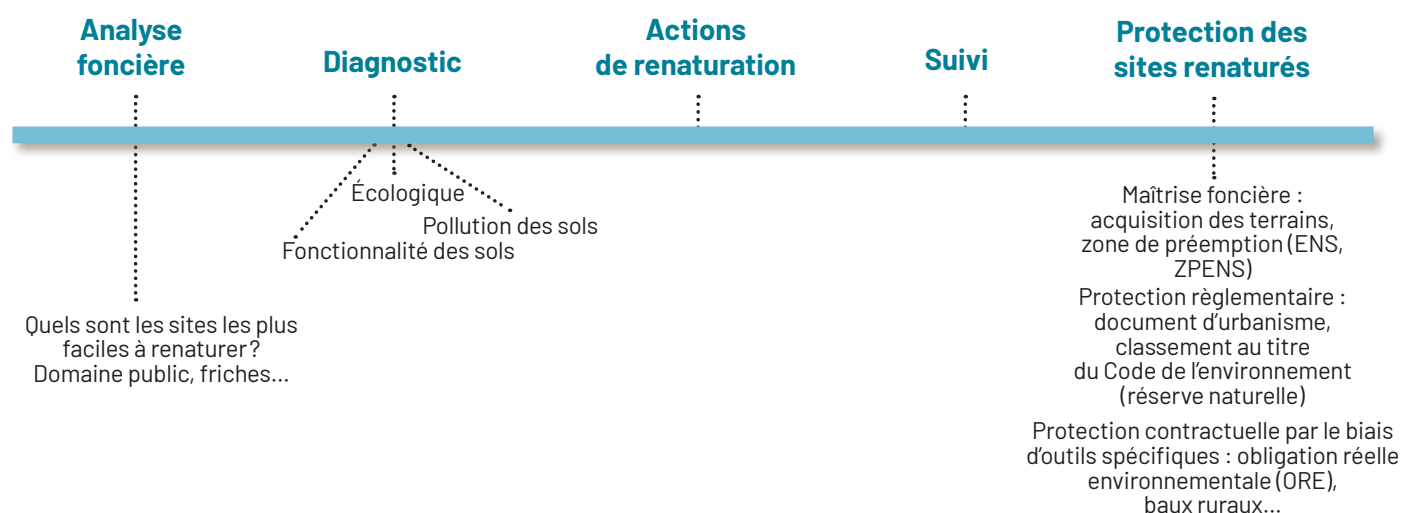
D'un point de vue physique, la nature des sols ainsi que la présence d'eau doivent également être analysées pour éviter tout risque naturel et une inadéquation entre le projet et le site identifié.

Enfin, une évaluation écologique de l'état initial du site est indispensable pour dresser un inventaire exhaustif de la faune et de la flore présentes.

Au-delà du périmètre du site, une zone tampon permettra d'apprécier les continuités écologiques potentielles ou avérées avec d'autres espaces naturels alentour.

Par conséquent, seul un diagnostic complet du sol réalisé à partir de prospections de terrain permet d'évaluer assez finement le coût et les difficultés techniques de la désartificialisation d'un espace potentiellement renaturable.

Étapes successives pour mener un projet de renaturation, © a'urba



Plusieurs éléments sont à intégrer pour appréhender une opération de renaturation :

- Intensité et nature de l'artificialisation des sols : diagnostic de l'état initial pour orienter les procédés d'intervention à retenir et les trajectoires potentielles de renaturation ;
- Objectif de la renaturation des sols : quelles fonctions chercher à restaurer ? Pour quelle vocation du site ?
- Calendrier/ facteur temps : paramètre important que ce soit sur le choix du site, de la méthode d'intervention ou de l'évaluation des résultats de l'opération ;
- Budget disponible : extrêmement variable, en fonction de l'histoire du site ou des méthodes mises en œuvre ;
- Implication des habitants dans le projet comme outil de sensibilisation aux enjeux liés à la biodiversité et aux sols, mais aussi comme facteur d'acceptabilité ;
- Suivi scientifique permettant d'évaluer l'efficacité de l'opération ;
- Il est donc important d'avoir en tête qu'un projet de renaturation est un processus complexe et coûteux. Les chiffres actuels varient entre 300 euros/m² à 800 euros m² en cas de déconstruction.

L'EXEMPLE DES TERRES FERTILES, LYON

TERRES FERTILES 2,0, PREMIÈRE PLATEFORME DE VALORISATION DES TERRES DE LA MÉTROPOLE DE LYON

Ce projet est né d'un double constat :

- La raréfaction de la ressource : la ressource en terres fertiles issues des milieux naturels de la métropole lyonnaise se raréfie, alors que les besoins augmentent pour reconstituer les sols des espaces verts urbains et répondre aux besoins de nature en ville exprimés par les citoyens ;
- Un manque de contrôle et de valorisation des terres excavées : des milliers de m³ de terres excavées sur le territoire métropolitain sont évacués sans aucun contrôle et ne sont pas valorisés ;
- À Lyon dans le quartier de la Confluence, le passé industriel a rendu certains sols stériles du fait des activités anthropiques passées.

L'équipe projet fait le pari de considérer ces terres excavées non plus comme des déchets ou comme une matière objet de spéculation, mais comme une ressource précieuse qui peut être transformée et réemployée.

S'inscrivant dans une logique d'économie circulaire, durable et locale, la plateforme a l'ambition de devenir un outil de gestion et d'amélioration des terres excavées sur le territoire de la métropole.

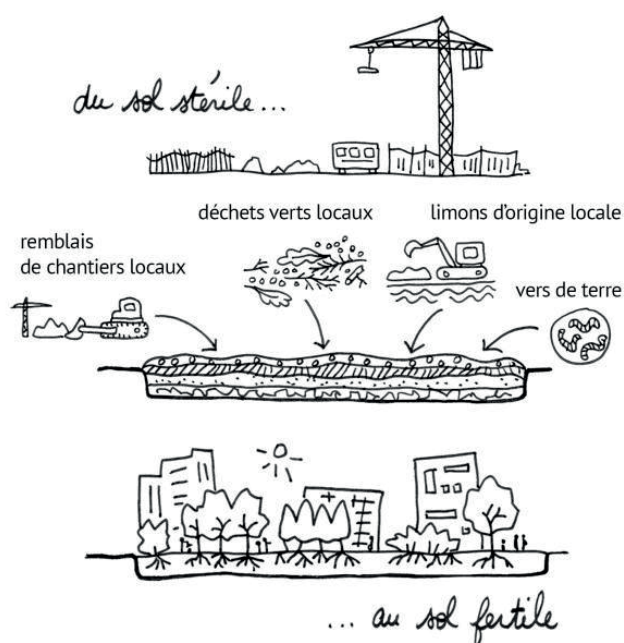
La méthode utilisée est relativement simple. Les entreprises apportent sur la plateforme les terres des chantiers de la Métropole de Lyon et celles des chantiers privés et publics du territoire. Ces terres sont triées et amendées pour les plus qualitatives, et transformées en sols fertiles pour les terres stériles (mélangées à des composts de déchets verts), avant d'être remises dans le circuit) pour alimenter les chantiers du territoire métropolitain en terres fertiles.

Ces matériaux seront ainsi transformés en terres fertiles et réutilisés dans les projets d'aménagement métropolitains. Le champ d'expérimentation d'une superficie de 4,5 hectares est situé à proximité avec les grands axes de circulation et permettra d'alimenter facilement en terres fertiles une partie des chantiers de la métropole lyonnaise.

Enfin, sa situation à l'écart des secteurs résidentiels, dans une zone industrielle, limite le risque de nuisances aux riverains.

Une évolution bénéfique qui permet de supprimer l'usage de terres arables prélevées dans les espaces agricoles. Une solution qui favorise aussi les circuits courts limitant ainsi les émissions de gaz à effet de serre et les conséquences négatives sur les paysages.

Schématisation du projet Terres Fertiles à Lyon



© Anne Ardichvilli



Merlon de terres en cours de valorisation, © Jérôme Boucherat

L'EXEMPLE DU PROGRAMME DE RECHERCHE « SITERRE »

PROJET DESTISOL

DESTISOL est un projet de recherche et développement sélectionné par l'ADEME relatif à la gestion intégrée des sites pollués. La méthodologie élaborée dans le cadre du projet Destisol vise à constituer un outil d'aide à la décision (OAD) à destination des acteurs de l'aménagement permettant d'orienter / concevoir un projet d'aménagement optimisé en fonction des potentialités des sols en place et d'évaluer les services écosystémiques rendus. Il s'agit dès la phase conception, de fournir aux acteurs des recommandations en matière d'usages ou de destination à donner aux sols urbains disponibles.

Le principe général repose sur l'acquisition puis l'exploitation d'indicateurs du sol (morphologiques et analytiques) relativement simples à mesurer, à partir desquels sont évaluées les fonctions du sol, lesquelles conditionnent le niveau de services écosystémiques rendus. La couverture du sol (p. ex. bâti, voirie, végétation) est également un maillon essentiel du processus, notamment par le biais des interactions qu'elle entretient avec certaines fonctions du sol.

À travers la mise en avant de la notion de services écosystémiques, il s'agit de mettre en lumière des enjeux auxquels les espaces urbains doivent faire face en valorisant les fonctions par les sols (p. ex. réduction des îlots de chaleur urbains, stockage de carbone, préservation de la biodiversité du sol).

Il apparaît en effet que, si les élus locaux commencent à prendre la mesure de ces enjeux et tentent d'y apporter des réponses par des aménagements innovants, l'ampleur de ces questions environnementales locales et globales nécessite de déployer des solutions basées sur le fonctionnement des écosystèmes partout où cela est possible.

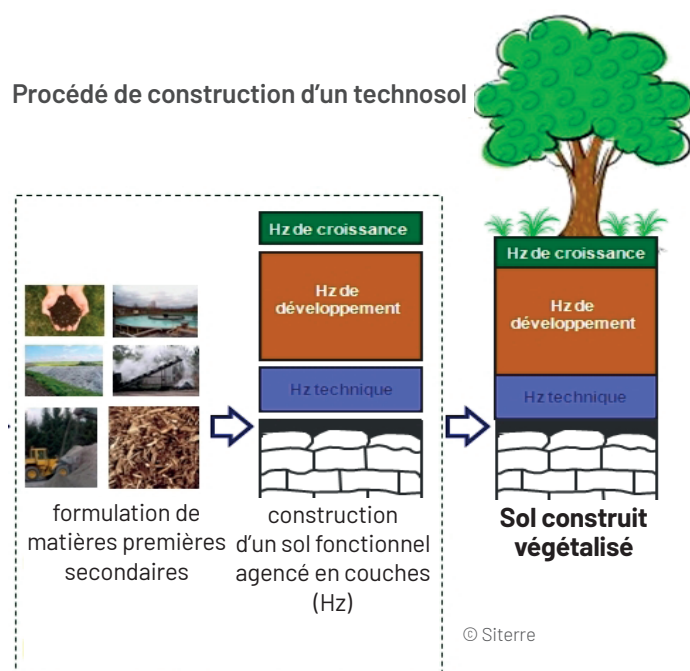
DESTISOL contribue alors à souligner les potentialités des sols pour lutter contre les risques d'inondation, pour contribuer à la régulation des changements climatiques ou encore pour permettre la production alimentaire. Ceci dépasse largement la considération des services rendus par les sols couramment exploités en milieu urbain : support de bâtiments ou de voies de circulation, gestion des eaux pluviales et approvisionnement en ressources.

Les professionnels des espaces verts utilisent actuellement de la terre végétale issue du décapage de surfaces agricoles (territoires gagnés par l'urbanisation), ainsi que des granulats de carrière pour constituer les mélanges terreux de plantations d'arbres d'alignements et d'aménagements paysagers.

L'usage de ces matériaux pose des problèmes à deux niveaux :

- Matériaux non renouvelables ;
- Distances de plus en plus grandes pour assurer l'approvisionnement (coûts économiques et environnementaux croissants)...

Procédé de construction d'un technosol



Diagnostic pédologique, © Plante & Cité

L'ESSENTIEL À RETENIR

UNE BIODIVERSITÉ MÉCONNUE, MAIS INDISPENSABLE :

- Les sols hébergent ¼ de la biodiversité totale de la planète ;
- Le sol joue un rôle de réservoir de biodiversité à l'échelle mondiale ;
- La formation d'un centimètre de sol peut prendre 1000 ans ce qui en fait une ressource non renouvelable.

LE SOL, UN HABITAT DÉGRADÉ :

- 90 % des organismes vivants passent tout ou une partie de leur cycle de vie dans le sol ;
- L'essentiel de la biodiversité des sols vit dans les 30 premiers cms ;
- Le changement d'usage des sols représente à lui seul 30 % de la perte de biodiversité à l'échelle mondiale ;
- La compaction du sol, la perte de stabilité des agrégats, les pratiques déstructurantes altèrent la qualité des micro-habitats.

LES FONCTIONS DES SOLS DÉGRADÉS PAR L'ARTIFICIALISATION

- Les fonctions des sols urbains sont dégradées à la fois par leur nature (horizons minéraux) et par les usages dont ils sont le support ;
- Les effets de l'artificialisation portent sur l'altération de la biodiversité, la gestion des eaux pluviales, la création d'îlots de chaleur urbain, la pollution de l'air ;
- Au-delà des impacts environnementaux, la perte d'ENAF induit la perte de services écosystémiques rendus par ces espaces, que ce soient des services de régulation, d'approvisionnement ou culturels.

LA QUALITÉ DES SOLS EST DÉTERMINÉE PAR SES USAGES

- La qualité d'un sol est toujours déterminée selon un usage donné. Quatre grands types d'usages peuvent être distingués, à savoir les sols artificialisés, naturels, agricoles et forestiers ;
- Il faut distinguer « qualité d'usage d'un sol » et « qualité écologique d'un sol » : la qualité d'usage d'un sol peut se définir comme la capacité d'un sol à assurer une ou plusieurs fonctions spécifiques pour un usage donné. La qualité écologique ou qualité intrinsèque repose sur la considération de l'ensemble des fonctions d'un sol (multifonctionnalité) et ne considère pas l'usage actuel ou futur du sol qui en est fait pour l'homme.

DES FORMES DIVERSES D'ARTIFICIALISATION DES SOLS

- Il n'existe pas « une artificialisation », mais des processus d'artificialisation distincts par leur nature et leurs impacts, allant de la transformation d'une terre agricole en un jardin public jusqu'à l'imperméabilisation totale de cette terre par les constructions d'un parking goudronné.

DEUX NOTIONS DISTINGUÉES DANS LA LOI ZAN : CONSOMMATION FONCIÈRE ET ARTIFICIALISATION DES SOLS

- Sur la décennie précédente, 24 000 hectares d'espaces naturels, agricoles et forestiers ont été consommés chaque année en moyenne en France ;
- La consommation foncière est définie comme « la création ou l'extension effective d'espaces urbanisés sur le territoire concerné ». Il s'agit donc de la conversion d'espaces naturels, agricoles ou forestiers en espaces urbanisés ;
- L'artificialisation des sols se définit 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 ».

PLUSIEURS TECHNIQUES DE RENATURATION AUX COÛTS VARIABLES

- Régénération spontanée ;
- Réaffectation écologique ;
- Réhabilitation écologique ;
- Restauration écologique.

LA RENATURATION NE PEUT ÊTRE SYSTÉMATISÉE

- Les projets de renaturation ne peuvent être pensés qu'au cas par cas en tenant compte des spécificités locales ;
- Malgré toutes les actions de restauration écologique, un sol ne retrouvera jamais ses fonctionnalités naturelles, seules certaines pourront être restaurées.

DE NOMBREUSES CONFUSIONS

- Désimperméabiliser n'est pas renaturer ;
- Végétaliser n'est pas renaturer.

DES OBJECTIFS DE RENATURATION CIBLÉS

- Les actions de renaturation visent à :
 - Rétablir des continuités verticales et horizontales ;
 - Une bonne qualité physico-chimique et biologique ;
 - Un sol non tassé qui assure l'infiltration des eaux pluviales.

Barrage de Villandraut : renaturer un cours d'eau

PROJET D'AMÉNAGEMENT

Fiche de cas

10/ 2024

Contexte

Situé au sein du bassin versant du Ciron, le barrage de Villandraut fait partie des 66 ouvrages présents sur les cours d'eau qui composent ce bassin versant. Il a été édifié en 1858 sur le Ciron pour assurer le fonctionnement d'un moulin à blé, il a été détruit puis reconstruit en 1927, suite à de fortes crues. Devenu propriété du département, il a dû être arasé compte tenu de son état très dégradé en 2015.

ENJEUX

Restaurer la continuité écologique

Maintenir les activités de loisirs

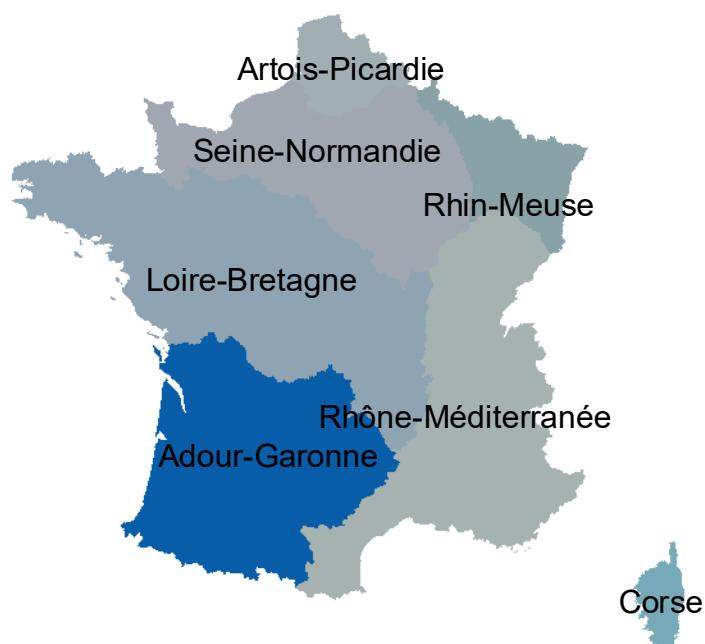
Diversifier les habitats aquatiques

Mettre en valeur le paysage

Localisation de la commune de projet



Bassin hydrographique de la commune de projet

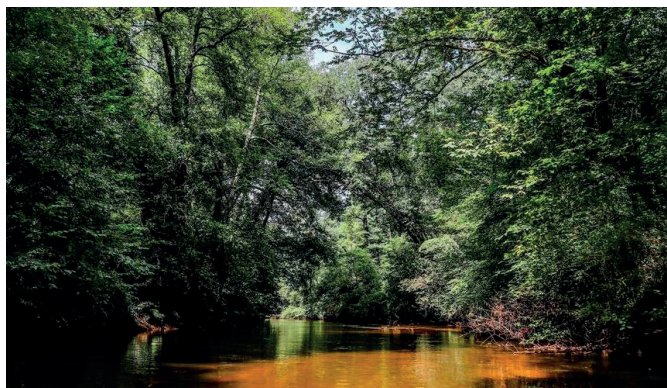


Un projet de restructuration de la libre circulation sédimentaire et piscicole

Le Ciron et ses affluents constituent l'un des trois réseaux hydrographiques principaux traversant les Landes de Gascogne. Cheminant d'abord sur un terrain sableux et sans véritable relief caractéristique des Landes, il traverse ensuite des gorges relativement profondes creusées dans le calcaire. Ces gorges, au-delà d'un paysage atypique du Sud Gironde abritent également la Hêtraie du Ciron. Cette hêtraie, vieille de plus de 40 000 ans lui confère un caractère exceptionnel et fragile.

L'espace rivulaire des cours d'eau traversant cette forêt est bordé d'une chênaie mélangée où dominent le chêne pédonculé et les aulnaies plus ou moins marécageuses. Ces peuplements offrent un corridor feuillu apportant une diversité écologique et paysagère remarquable. Ce corridor écologique compose la Zone de Prémption d'Espaces naturels sensibles (ZPENS) de la vallée du Ciron. Parmi les espèces rares et protégées cohabitent la loutre et le vison d'Europe, la cistude d'Europe, la lamproie de Planer et le chabot.

La vallée du Ciron fait l'objet de plusieurs classements au titre du Code de l'environnement, dont Natura 2000. Le cours d'eau est classé axe à grands migrateurs, liste 1 et 2 ainsi qu'en Zone d'Action Prioritaire (ZAP) anguille.



Le Ciron



État du barrage avant les travaux d'arasement
© Sylvain Brogniez

66 ouvrages et barrages ont été aménagés le long du Ciron et de ses affluents. Le barrage de Villandraut construit en 1858 pour la mise en place d'un moulin à blé et le stockage de billots de bois destinés à l'éclayage de mines de charbon en Angleterre, a été détruit par une crue en 1921, puis reconstruit en 1927. Il est depuis propriété du conseil départemental de la Gironde. Suite à la tempête Klaus en 2009 et simultanément à l'évolution de la réglementation et d'un diagnostic attestant de la très forte dégradation ainsi que la vétusté de l'ouvrage, la collectivité a été amenée à s'interroger sur le devenir du barrage.

Le barrage avant travaux est composé de :

- 1 vannage avec trois pelles,
- 1 ancienne vanne avec une pelle,
- 1 déversoir de crues,
- 1 passe à poissons,
- 1 passe à canoës.

Cet ouvrage n'est pas structurant, n'ayant pas de vocation économique, de vocation hydraulique dans la répartition des débits du cours d'eau ni dans la gestion des crues du Ciron.

Araser plutôt que réhabiliter

En 2010, une première étude technique a été lancée par le département pour étudier trois scénarios possibles :

- La conservation du barrage ;
- L'arasement ;
- Le dérasement ;

Cette étude financée par l'agence de l'eau Adour-Garonne, le département de la Gironde et la région Nouvelle-Aquitaine, avait quatre principaux objectifs à intégrer dans le choix du scénario final :

- La préservation du pont de la RD 3 ;
- La restauration de la continuité écologique ;
- La diversification des habitats aquatiques ;
- L'évitement de tout impact hydraulique nautique ;
- Le maintien de la pratique du canoë.

Un comité de pilotage composé d'élus et techniciens du département et des collectivités locales, de l'agence de l'eau Adour-Garonne, des services de l'État, de la région Nouvelle-Aquitaine, de la fédération de pêche, le syndicat mixte de gestion du bassin versant (SMBV du Ciron) l'association MIGADO et des usagers de la rivière a suivi cette étude menée par un bureau d'études spécialisé.

Les conclusions ont permis d'établir un bilan des effets positifs et négatifs du barrage en l'état.

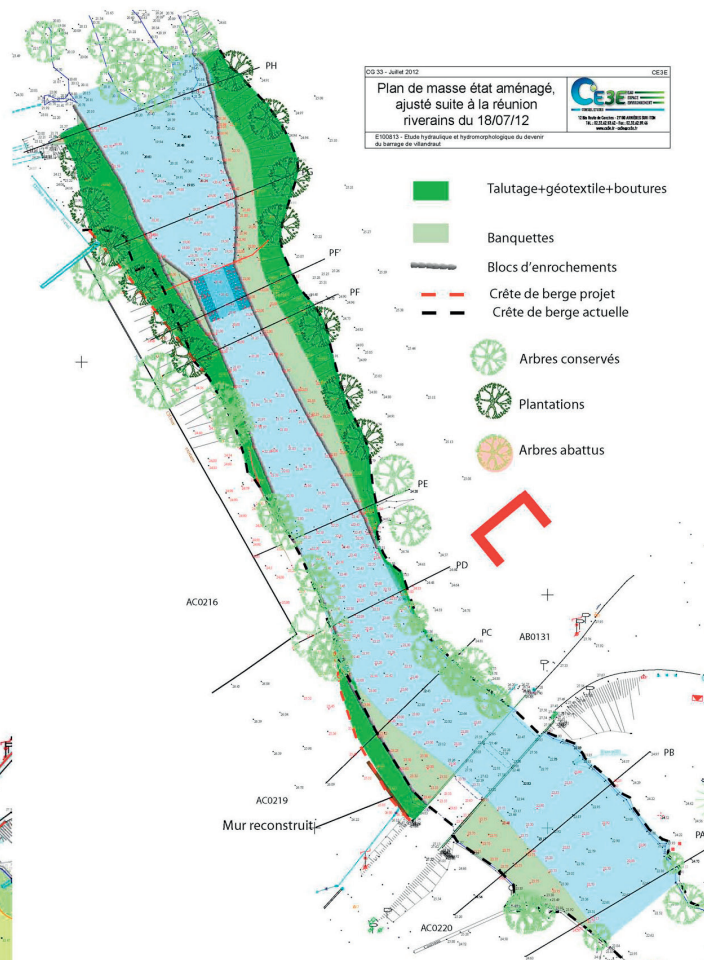
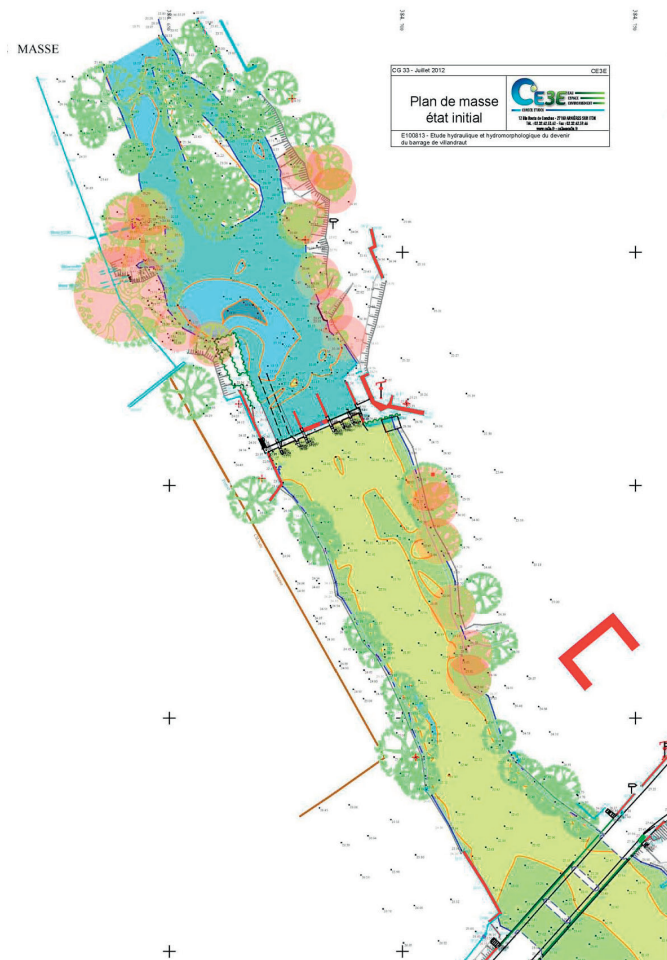
Parmi les impacts négatifs, le barrage constitue un obstacle majeur à l'écoulement de l'eau, des sédiments et des poissons, un risque inondation accru, une dangerosité pour l'activité nautique, et une dégradation de la qualité de l'eau (réchauffement, désoxygénation, colmatage...).

À l'inverse, les impacts positifs du barrage concernent l'aspect paysager et le maintien d'un plan d'eau pour la pratique du canoë.

La décision a été prise à l'unanimité par les membres du COPIL d'aser l'ouvrage et de renaturer le cours d'eau sur une distance de 215 m. Pour rappel, l'arasement se distingue du dérasement (effacement total de l'ouvrage) par le maintien de certains éléments.

Les objectifs des travaux de renaturation sont multiples :

- Restaurer la continuité écologique (franchissabilité piscicole et transport solide) sur le cours d'eau du Ciron ;
- Diversifier les habitats aquatiques au niveau du lit et des berges ;
- Ne pas aggraver la dynamique des crues et le ressuyage des eaux de débordement ;
- Ne pas déstabiliser les fondations du pont de la RD 3.



Préalablement aux travaux qui perturberont les milieux, des pêches de sauvegarde ont été effectuées pour préserver la faune aquatique présente et assurer sa survie pendant toute la période des travaux. Ainsi, un évitement de la surmortalité piscicole a été intégré dans le projet de renaturation.

Une consolidation nécessaire du pont routier de la RD 3

En amont du barrage, un pont routier départemental a nécessité d'importants travaux de consolidation en prévision de l'arasement du barrage. En effet, ce pont présentait certaines défaillances et notamment une érosion importante au niveau de ses piles. Compte tenu de la modification des écoulements consécutifs à l'arasement du barrage, il a été nécessaire dans un premier temps de renforcer les piles de ce pont.

Pour cela, des micropieux en béton ont été injectés au niveau des quatre piles pour renforcer son maintien. De plus, un évacuateur de crue à gauche d'une des piles du pont a été aménagé avec un enrochement du cours d'eau. Cet aménagement permet de répondre au risque de crue éventuelle en cas de fortes pluies.



Piles du pont de la RD 3 avant les travaux de renforcement, © Sylvain Brogniez



Renforcement des piles de la RD 3, © Sylvain Brogniez



Déconstruction du barrage, © Sylvain Brogniez



Installation d'un lit rocheux pour limiter l'impact de l'arasement du barrage, © Sylvain Brogniez

Arasement du barrage

L'ensemble du barrage a pu être démonté à l'aide d'une pelleteuse. L'accès au barrage par les engins a dû être bien anticipé, car le cours d'eau est bordé de part et d'autre de parcelles privées nécessitant une autorisation pour les traverser afin d'atteindre le barrage.

Seules les palplanches situées au fond du cours d'eau ont dû être conservées pour maintenir le fond du lit à caractère sableux et éviter une déstabilisation du fond de cours d'eau.

Renaturation d'une partie de linéaire de cours d'eau

Afin de conserver les fonds de parcelles des propriétés privées riveraines au cours d'eau, les actions de renaturation ont nécessité un enrochement de la partie basse des berges afin d'éviter une érosion à moyen terme. Initialement, cet enrochement n'était pas prévu, car moins efficace d'un point de vue écologique, mais la concertation avec les riverains concernés a nécessité des ajustements.

Ce renforcement a été complété par un retalutage et la mise en place d'un géotextile coco en partie haute. Un réensemencement a permis de restaurer la végétation et de créer de nouveaux habitats pour la faune. En effet, l'arasement du barrage a eu pour conséquence de modifier les débits et certains arbres n'ont pas pu se maintenir à court terme. Le débit a ainsi été réduit passant de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ à $9 \text{ m}^3/\text{s}$.



Enrochement des deux côtés des ripisylves du cours d'eau,
© Sylvain Brogniez



Reméandrage du cours d'eau, © Sylvain Brogniez



Retour de la truite quelques semaines après les
travaux, © Sylvain Brogniez



Lamproie de Planer, © Sylvain Brogniez

Des résultats positifs très rapides à tous les niveaux

Les premières conséquences de cette renaturation ont concerné la modification des écoulements de l'eau et du transport sédimentaire. Le barrage avait permis de créer en amont un plan d'eau avec un fort débit, mais qui diminuait fortement à l'aval. L'arasement de l'ouvrage a effacé ce plan d'eau et remobilisé des sédiments meubles en amont sur 0,8 km (apparition d'une granulométrie grossière) entraînant un début de colmatage en aval sur 0,8 km (rééquilibrage actif).

Une légère dégradation globale par ensablement de la partie aval et perte de diversité d'habitats de berges (systèmes racinaires, moins de zones lentes) a également été observée.

Mais le système était récent et en cours de réajustement. C'est une conséquence tout à fait logique compte tenu du chantier réalisé et des modifications apportées. Certains arbres n'ont pas résisté à ces modifications, mais les nouvelles plantations sont venues très rapidement les remplacer.

De nouveaux habitats piscicoles ont été créés par le biais de niveaux de profondeur et de granulométrie diversifiés.

Pour mesurer les effets de cette renaturation, un suivi a été réalisé pendant deux ans après la fin des travaux.

Il comprenait :

- Un suivi photographique ;
- Un suivi piscicole ;
- Des mesures de granulométrie ;
- Des mesures de qualité biologique de l'eau.

Très rapidement, de nouvelles espèces sont apparues, espèces d'eaux vives plus exigeantes en termes de qualité de l'eau. Une frayère de Lamproie de Planer a pu être observée témoignant de la recolonisation du milieu par certaines espèces migratrices.

Une concertation avec les riverains à intégrer dès le démarrage du projet

Un projet de renaturation, au-delà des conséquences écologiques, entraîne également des conséquences paysagères et d'usage. Concernant le barrage de Villandraut, le paysage issu du plan d'eau ainsi que les abords du cours d'eau à l'aval revêtaient une importance auprès des riverains et usagers très attachés à l'ouvrage et paysage associé. L'intégration d'un volet sociologique plus tôt aurait permis une acceptation sociale plus rapide.

À l'issue de l'étude préalable, des rencontres avec les riverains ont permis de recueillir leurs craintes et leurs attentes ainsi que de présenter les enjeux et les objectifs de cette renaturation.

Grâce à ces échanges, le projet initial a pu être modifié pour convenir au plus grand nombre.



Tronçon du cours d'eau après renaturation, © Sylvain Brogniez

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Institution départementale très présente pour le pilotage du projet.

Des partenaires techniques et institutionnels très motivés et très réactifs.

Des élus porteurs tout au long du projet.

Des résultats positifs très rapidement.

Une communication tardive auprès des riverains directement concernés par le projet.

Grandes difficultés à faire comprendre les objectifs du projet ainsi que les bénéfices à l'issue des travaux.

Nécessité d'intégrer un volet sociologique dès le début du projet pour une meilleure compréhension et acceptation.

FINANCEMENT DU PROJET

COÛT DE L'OPÉRATION

Étude préalable : 65 684 € TTC, financés à 30 % par le conseil départemental de la Gironde, 50 % par l'Agence de l'eau Adour-Garonne et 20 % par la région nouvelle - Aquitaine

Renforcement du pont : 158 685 € TTC, financés à 100 % par le conseil départemental

Arasement du barrage : 327 147 € TTC financés à 20 % par le conseil départemental, 60 % par l'Agence de l'eau Adour-Garonne et 20 % par la région nouvelle - Aquitaine

ÉLÉMENTS CLEFS DU PROJET

COLLECTIVITÉ & MAÎTRE D'OUVRAGE

département de la Gironde

MAÎTRE D'ŒUVRE

département de la Gironde

PARTENAIRES TECHNIQUES

CE3E, Conseil Études

BTPS Atlantique

CALENDRIER

Étude préalable : 2010

Début des travaux : 2014

Durée des travaux : 6 mois

Livraison : 2015

CONTACT

- Conseil départemental de la Gironde, Sylvain Brogniez, Direction de l'environnement, s.brogniez@gironde.fr

Cartelègue : renaturer les espaces publics communaux

PROJET D'AMÉNAGEMENT

Fiche de cas

10/ 2024

Contexte

Située dans le département de la Gironde et plus précisément dans la région naturelle du Blayais, la commune de Cartelègue compte environ 1250 habitants. Cette commune rurale, membre de la communauté de communes de l'Estuaire, est majoritairement dominée par les espaces agricoles.

La mairie, juxtaposée à la salle des fêtes, est localisée au cœur du bourg, le long de la route départementale n° 134.

ENJEUX

Désimperméabiliser et renaturer les sols

Améliorer la gestion des eaux pluviales

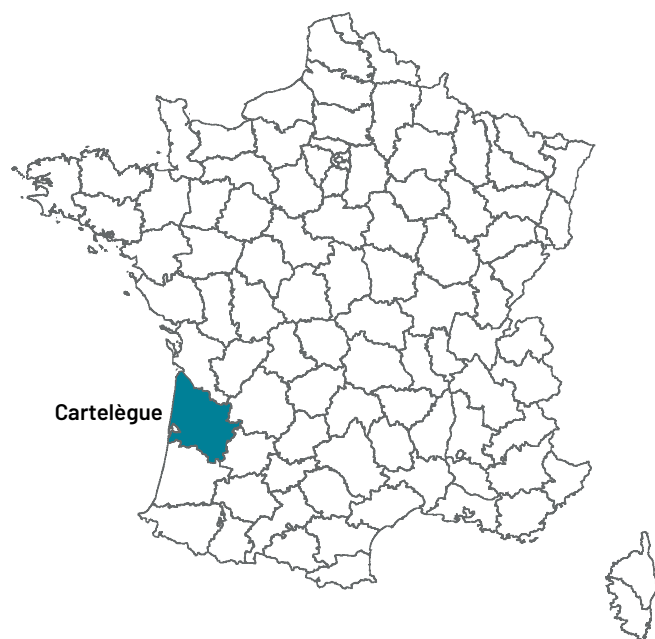
Végétaliser les espaces publics

Améliorer le cadre de vie

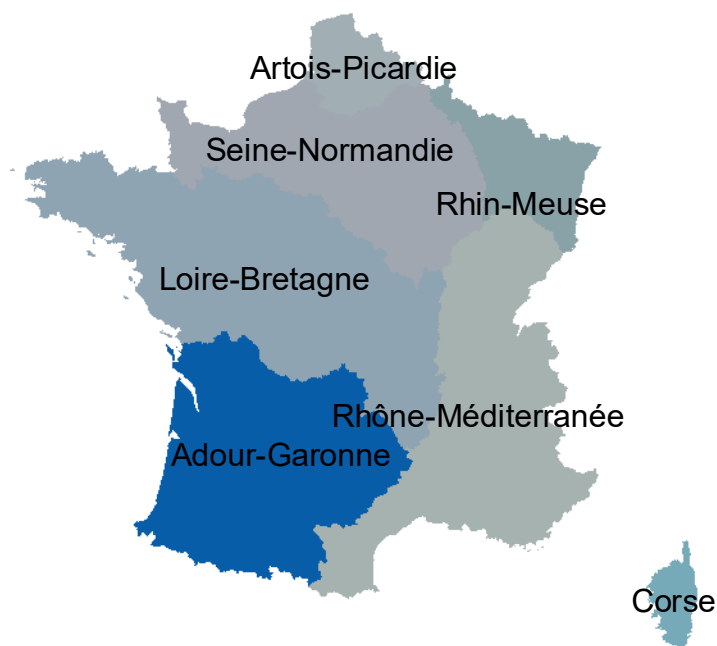
Mettre en valeur le paysage

Atténuer les îlots de chaleur

Localisation de la commune de projet



Bassin hydrographique de la commune de projet



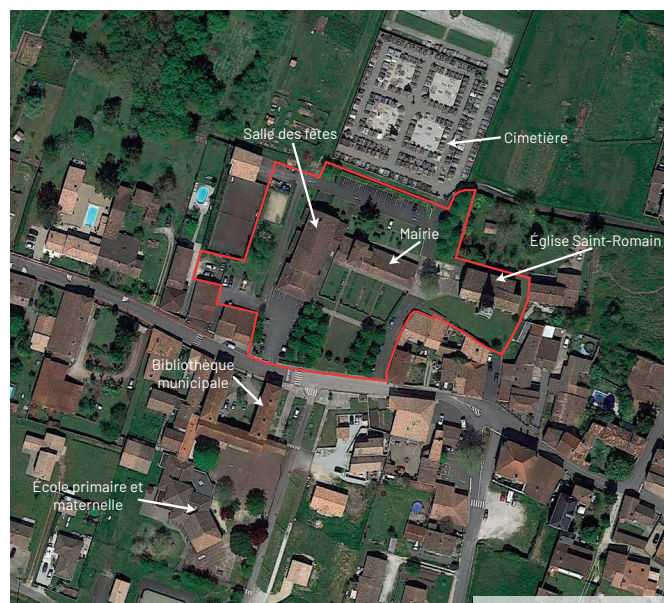
Un projet au positionnement géographique stratégique

La commune de Cartelègue présente une forte concentration de ses équipements publics à proximité de la mairie :

- La salle des fêtes ;
- L'école primaire et maternelle ;
- Le cimetière ;
- La bibliothèque municipale ;
- Les équipements sportifs.

À ces équipements publics, s'ajoute l'église Saint-Romain située à deux pas de la mairie. Toutes ces entités sont localisées dans un rayon de moins de 200 m.

Ainsi, la mairie et ses abords constituent aujourd'hui une réelle centralité à l'échelle communale.



Vue aérienne du périmètre de projet et de ses abords

© Google Earth



Mairie de Cartelègue © a'urba

La libération du presbytère est à l'origine du projet de réaménagement des abords de la mairie. En effet, ce bâtiment vacant a rapidement été réinvesti par la municipalité pour y installer les locaux de la mairie.

Le déménagement de la mairie a fait naître au sein de cette municipalité la volonté de requalifier les espaces limitrophes à cet équipement public afin de :

- Leur apporter un traitement paysager plus qualitatif ;
- Requestionner leurs usages, en particulier la place de la voiture.

L'objectif global de ce projet était de rendre la commune plus attractive et dynamique grâce à l'amélioration de l'image de marque du territoire.

Un projet paysager intégrant une désimperméabilisation partielle des sols

Le projet de réaménagement concerne les différents secteurs suivants :

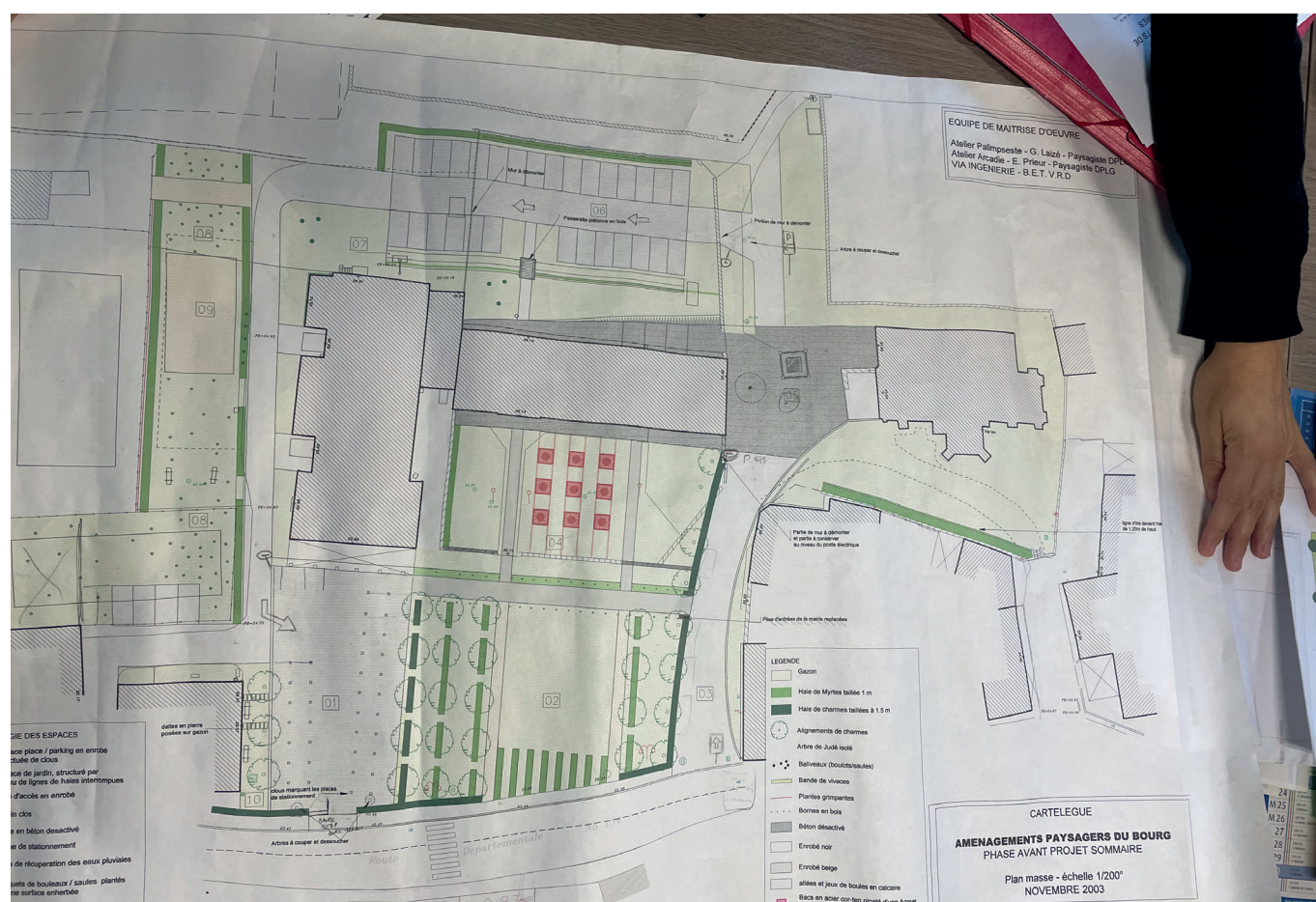
- L'espace de stationnement et ses espaces proches situés à l'ouest de la salle des fêtes ;
- Les jardins localisés à l'arrière du presbytère et devant le cimetière ;
- Les abords de l'église Saint-Romain ;
- L'espace imperméabilisé situé devant l'ancien presbytère.

À travers le réaménagement de ces secteurs, la commune vise à favoriser la cohabitation entre la voiture et le piéton en s'appuyant notamment sur la création d'espaces végétalisés, apaisés et sécurisés. Ces espaces doivent également permettre d'améliorer la connexion entre les différents équipements communaux ; en particulier avec ceux établis ou projetés le long de la rue de l'École.

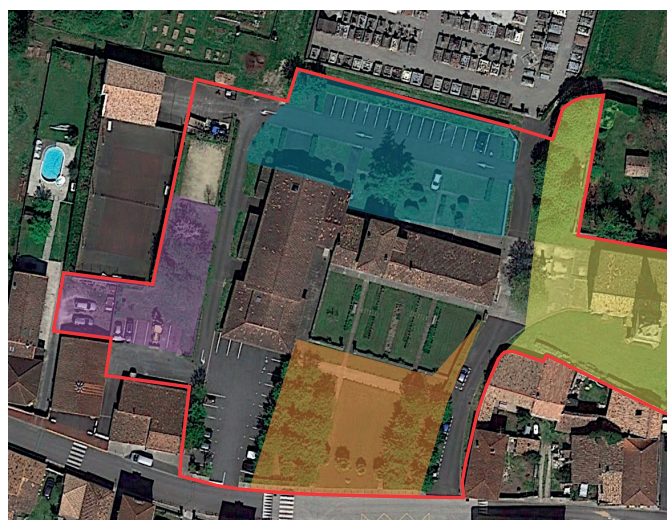
La création d'espaces végétalisés, sous différentes strates (enherbées, arbustives et arborées), implique la désimperméabilisation de certaines surfaces enrobées. À ce titre, le projet d'aménagement intègre la plantation de différentes essences ; certaines espèces sont locales et d'autres sont plus ornementales (ex. : myrte commune [*Myrtus communis*]).

L'augmentation de la superficie des surfaces perméables favorise l'infiltration des eaux pluviales au plus près de leur point de chute et participe ainsi à la réduction de leur ruissellement et leur pollution.

Outre la mise en valeur paysagère de l'espace, la désimperméabilisation et végétalisation du parvis de la mairie contribuent également à réduire l'effet d'îlot de chaleur.



Plan masse du projet de réaménagement des abords de la mairie © a'urba



- Périmètre du projet
- Secteur A
- Secteur B
- Secteur C
- Secteur D

Identification des différents secteurs d'opération du projet © Google Earth

Débutées en 2003, les réflexions autour de la réalisation de ce projet portent sur un périmètre d'environ 8 700 m² dont la mairie est le point central. La commune de Cartelègue, porteur du projet, a lancé les travaux au cours de l'année 2002. Ces derniers ont duré environ 2,5 ans. La maîtrise d'œuvre a été confiée à des paysagistes concepteurs.

L'espace de stationnement et ses espaces proches (secteur A) situés à l'ouest de la salle des fêtes ont globalement peu évolué dans leurs usages et leur composition. Quelques plantations supplémentaires ont été ajoutées.

Les jardins localisés derrière l'ancien presbytère (secteur B) ont fait l'objet d'une recomposition urbaine et paysagère. Ce secteur a été partiellement reconverti en une aire de stationnement pour compenser partiellement la suppression du parking positionné jusqu'alors devant l'actuelle mairie.

Ainsi, une partie de ce secteur a été imperméabilisée pour créer une boucle de circulation autour de la mairie et accueillir des places de stationnement. Toutefois, l'espace situé au plus proche de la mairie a bénéficié d'un traitement paysagé matérialisé par des plantations et la réalisation de quelques places de stationnement sur un revêtement perméable.



Aire de stationnement drainante créée (secteur B) © a'urba



Plantions de tilleuls (secteur C) © a'urba

Le secteur situé devant l'actuelle mairie (secteur D) était initialement occupé par une surface imperméabilisée (grave de ciment) utilisée comme aire de stationnement. Outre son aspect peu qualitatif, le stationnement anarchique des véhicules sur ce secteur renvoyait une image dégradée du cœur de bourg.

Grâce à une opération de désimperméabilisation et de végétalisation, le secteur a été totalement transformé en un espace vert accessible au public.

Ce dernier est désormais très majoritairement végétalisé avec une strate herbacée et des arbustes. La suppression de surfaces imperméabilisées participe à la régénération des fonctions du sol, en particulier de son pouvoir filtrant et de son caractère vivant.

Des cheminements piétons et du mobilier urbain (. : bancs) accompagnent les surfaces enherbées et autres massifs arbustifs et boisés.

L'ensemble des places de stationnement y ont été supprimées. Toutefois, une partie de celles-ci ont été délocalisées à l'arrière de la mairie (secteur B).

Ces aménagements ont profondément modifié les usages du secteur. Aujourd'hui, cet espace a une vocation de lieu de rencontre et de déambulation. Plus occasionnellement, il peut accueillir des événements festifs tels que des vins d'honneur.

Grâce à l'infiltration, les surfaces perméables nouvellement créées participent à la gestion des eaux pluviales de ce secteur.

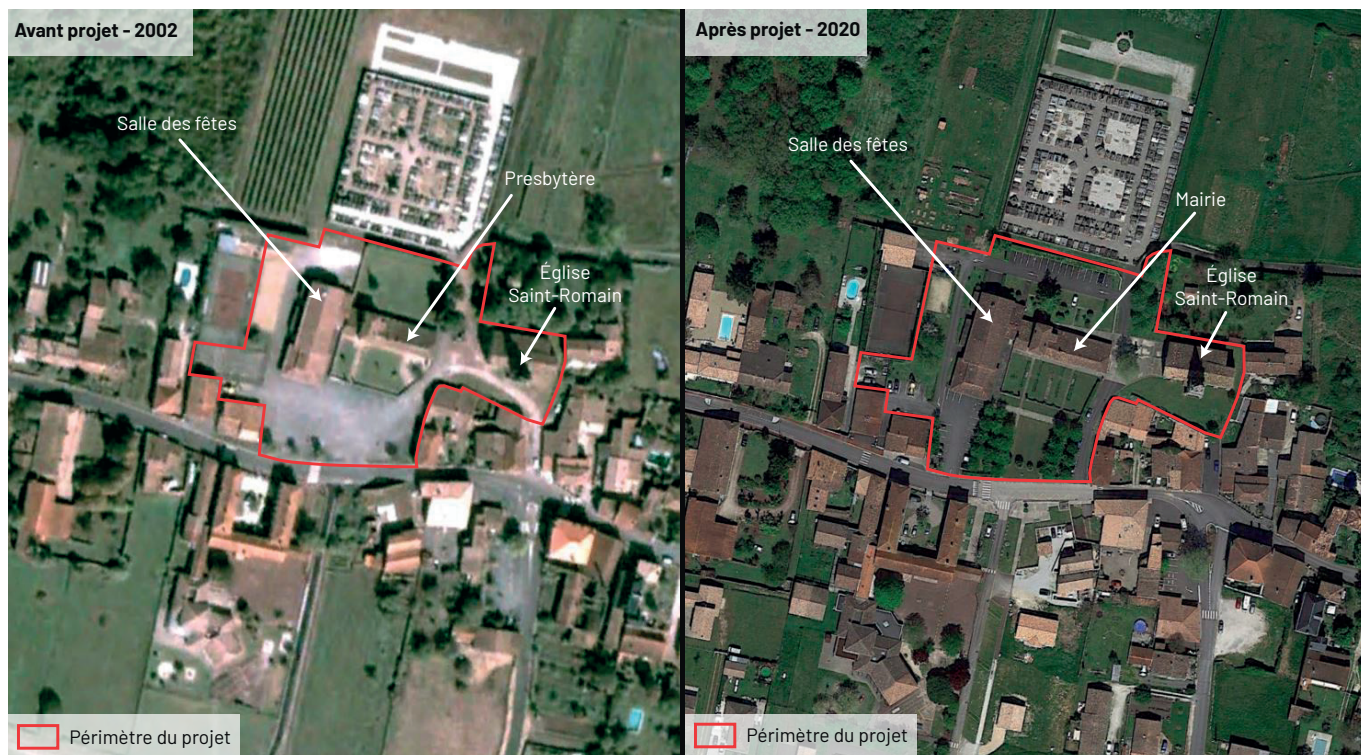
Le secteur de l'église Saint-Romain (secteur C) n'a pas fait l'objet de grandes transformations.

L'espace enherbé autour de l'église a été conservé. Seul le chemin d'accès qui le traverse depuis l'impasse Saint-Romain a été supprimé.

Les principaux aménagements du secteur concernent donc les abords du chemin du Souvenir. En effet, outre le rétrécissement de la voirie, un espace composé d'une dizaine de tilleuls a été créé. Une table de pique-nique a été installée au sein de cet espace planté. Des plots en bois, visibles sur la photographie ci-contre, empêchent le stationnement sur les surfaces végétalisées.



Parvis de la mairie : désimperméabilisation et végétalisation d'un ancien parking (secteur D) © a'urba



Comparaison du périmètre de projet avant/après © Google Earth

L'ensemble des aménagements a permis d'améliorer la cohabitation de la voiture et du piéton ; le végétal, très présent au sein du projet, limite fortement le stationnement anarchique.

Le secteur de projet, comme la majorité du territoire communal est couvert par un réseau d'assainissement collectif de type séparatif. À ce titre, les surfaces désimperméabilisées n'ont pas été déconnectées du réseau d'assainissement d'eau pluviale.

L'augmentation générale des surfaces végétalisées sur le périmètre du projet a généré des besoins d'entretien supplémentaires. Cela a entraîné la création d'un équivalent temps plein dont le temps de travail est partagé avec d'autres missions.

En effet, pour l'heure, la gestion de ces espaces reste globalement intensive (ex : coupes rases des espaces enherbés). Une gestion alternative de certains espaces (: abords de l'église) pourrait alléger ce besoin d'intervention du service espaces verts communal.

Ce projet a été récompensé en 2017 par l'obtention du prix départemental du paysage attribué par le département de la Gironde.

La participation citoyenne s'est matérialisée par la tenue d'une réunion d'information au cours de laquelle ont été présentés des plans et photos des futurs aménagements.



Prix départemental du paysage 2017 attribué pour le réaménagement des abords de la mairie © a'urba

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Bien que cela n'ait pas été un objectif initialement affiché, le présent projet paysager intégrant de la désimperméabilisation a participé à une renaturation des sols. Ainsi, la renaturation des sols n'est pas obligatoirement l'élément déclencheur d'un projet, mais peut constituer une action qui accompagne le projet global.

De même, une action de renaturation des sols n'est pas systématiquement guidée par l'objectif de zéro artificialisation nette des sols d'ici 2050.

Pour ce projet, la régénération des fonctions du sols pourrait être davantage optimisée grâce au recours à une gestion moins intensive des espaces végétalisés.

FINANCEMENT DU PROJET

COÛT DE L'OPÉRATION

Estimation du prix global (appel d'offres) : 300 000 € HT

Prix global : 306 000 € HT

- Lot n° 1 (Terrassement + Assainissement + Voiries) : environ 150 000 € HC
- Lot n° 2 (Éclairage) : environ 60 000 € HC
- Lot n° 3 (Espaces libres) : environ 90 000 € TTC

ÉLÉMENTS CLEFS DU PROJET

COLLECTIVITÉ & MAÎTRE D'OUVRAGE

Ville de Cartelègue

MAÎTRE D'ŒUVRE

Atelier Palimpseste - Guillaume Laizé, paysagiste concepteur DPLG

Atelier ARCADIE - Emmanuel Prieur, Paysagiste concepteur DPLG

CALENDRIER

Études préliminaires : 2003

Début des travaux : 2005

Durée des travaux : 2,5 ans

Livraison : 2008

CONTACT

- Mairie de Cartelègue, Pierre VILLAR, mairie@cartelegue.fr, 05.57.64.71.28

Renaturation d'une friche industrielle : création du parc de l'Ermitage Sainte-Catherine

PROJET D'AMÉNAGEMENT

Fiche de cas

10 / 2024



Contexte

Situé en rive droite de la Garonne, sur le coteau, le parc de l'Ermitage Sainte-Catherine de Lormont est intégré dans un vaste réseau de 12 parcs publics à l'échelle de la métropole bordelaise appelé le parc des Coteaux. D'une superficie d'environ 40 ha, le parc de l'Ermitage est relié aux autres parcs via le fil vert matérialisé par des tronçons de promenade. Il offre des points de vues imprenables sur la Garonne.

Ce parc de l'Ermitage a été aménagé sur le site d'une ancienne carrière d'extraction de calcaire fermée en 1982. D'abord friche industrielle en libre évolution durant plusieurs années, le site a finalement été transformé en parc public en 2003 à partir d'une renaturation davantage encadrée qui s'appuie désormais sur un plan de gestion écologique.

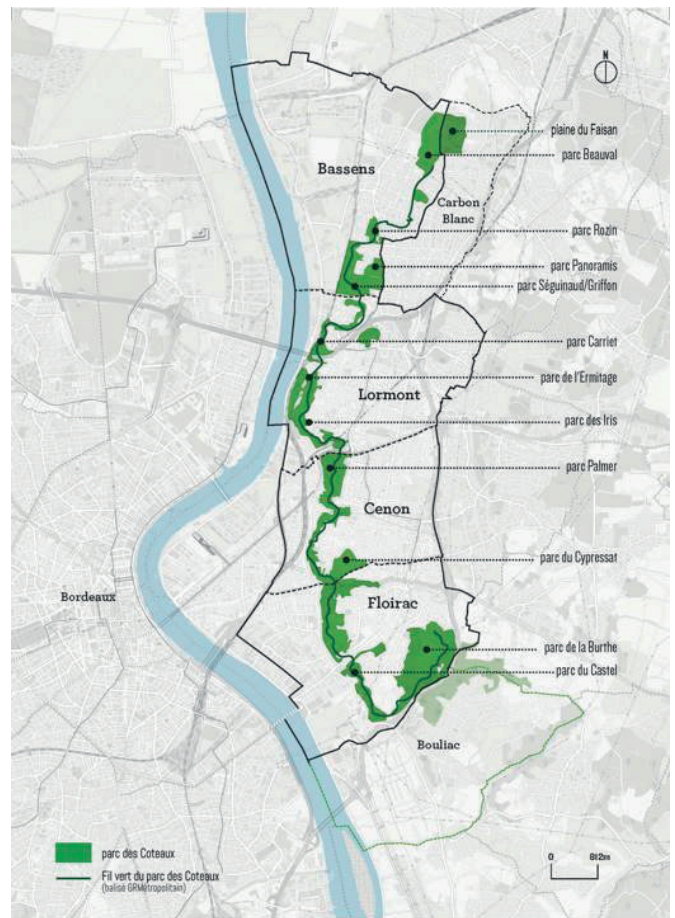
ENJEUX

Reconquête de la biodiversité

Développement d'espaces de nature en ville

Amélioration du cadre de vie

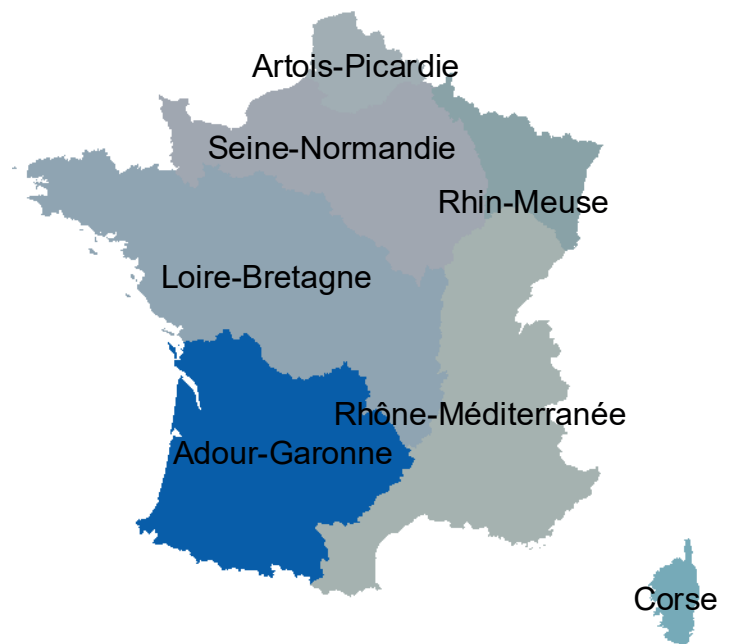
Mettre en valeur le paysage



Localisation de la commune de projet

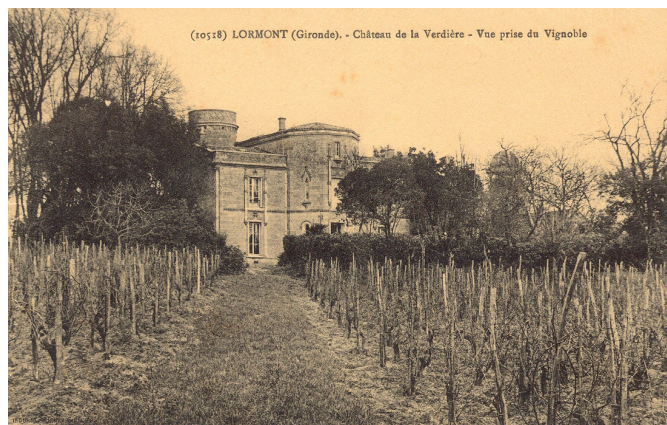


Bassin hydrographique de la commune de projet



Une exploitation du sous-sol destructrice des milieux naturels et agricoles en place

Après guerre, le parc de l'Ermitage était principalement occupé par des prairies bocagères où se pratiquait une activité de polyculture-élevage. Le site était fréquenté par les promeneurs et jouissait de sa proximité avec la gare de Lormont. De nombreux châteaux, construits à partir du 17^e siècle et entourés de vignes, y étaient implantés. En 1929, le Groupe cimentier français Poliet et Chausson installe une cimenterie, au pied de la colline du Rouquet, en vue d'y développer une activité d'exploitation du sous-sol au regard de ses caractéristiques géologiques favorables (alternance calcaire-marne). La carrière à ciel ouvert est mise en service en 1932. Les granulats extraits, environ 50 millions de mètres cubes, participent au développement local et à l'effort de densification qui s'accroissent à la sortie de la Seconde Guerre mondiale (construction du pont d'Aquitaine, du stade Chaban-Delmas, du quartier Mériadec, de la cité Lumineuse sur Bordeaux, etc.).



Manoir de la Verdrière de Lormont implanté sur le coteau
© Google Earth



Vue aérienne de 1943 du futur parc de l'Ermitage composé de prairies bocagères © Google Earth

L'exploitation du calcaire fragilise le coteau et provoque la disparition de milieux naturels et semi-naturels ainsi que la destruction de plusieurs châteaux implantés sur ce dernier (: châteaux de l'Hermitage, Raoult, Bellevue ou encore le domaine de l'Enseigne). Progressivement, l'exploitation du sous-sol décline avec la diminution de la ressource en matières premières et le rapprochement avec le tissu urbain. L'année 1978 marque l'arrêt des activités d'extraction. La cimenterie ferme définitivement en 1988. Le site devient une friche industrielle. Les milieux, impactés par une cinquantaine d'années d'extraction du sous-sol, sont à cet époque composés de sols très artificialisés (modifiés, compactés, etc.) et pauvres (faibles en matière organique, peu vivants).



Vue aérienne de la carrière en exploitation en 1978 © Lormont

Une renaturation de type régénération spontanée...

En 1993, la mairie de Lormont fait l'acquisition de cette friche industrielle à l'euro symbolique. Toutefois, ce n'est que dix ans plus tard que des études et des travaux d'aménagement du parc sont lancés et portés par la paysagiste Graziella Barsacq. Ainsi, depuis la fermeture de la cimenterie, ni remise en état ni gestion écologique du parc n'a été opérée. Les constructions liées à l'activité passée d'extraction ont été détruites, mais de nombreux matériaux sont restés sur place. Les milieux ont donc évolué librement au grès des disséminations des graines par le vent, par les animaux, etc. Les caractéristiques topographiques, pédologiques ainsi que l'orientation sud ont notamment permis l'installation d'espèces à tendance méditerranéenne (: Laurier noble [*Laurus nobilis*], Coronille des jardins [*Hippocrepis emerus*]).

Cette évolution correspond à un type de renaturation bien précis : la régénération spontanée. Cette dernière se traduit par une première phase d'explosion de la biodiversité avec l'apparition de plantes pionnières (ex : orchidées sur pelouses calcicoles, peuplier blanc [*Populus alba*]) et évolue jusqu'à une phase ultime de la succession végétale qui est celle de l'atteinte d'un état d'équilibre stable. Au sein du parc de l'Ermitage, ce stade terminal s'est traduit par le développement d'une couverture boisée sur la grande majorité de sa superficie et la fermeture de certains milieux (ex : pelouses rases, marais et autres milieux humides dans les secteurs au sous-sol argileux). Cette évolution est synonyme de diminution de la richesse en biodiversité ainsi que l'apparition d'espèces envahissantes (ex : Robinier faux-acacia [*Robinia pseudoacacia*]) dont certaines exotiques.



Dégradation des sols et destruction des milieux naturels par l'activité d'extraction du calcaire © Lormont



Régénération spontanée en cours des milieux artificialisés, 1998 © Lormont

Cette renaturation en libre évolution s'appuie donc sur un contexte physique particulier lié à l'activité passée de carrière ainsi que sur l'existence de continuités écologiques fonctionnelles grâce à la présence limitrophe d'espaces naturels et agricoles. Elle est à l'origine d'une grande diversité faunistique et floristique, bien que remise en cause par l'absence totale de gestion de celle-ci.

... suivie d'une renaturation plus encadrée et maîtrisée

La création du parc de l'Ermitage, en 2003, a pour objectif d'ouvrir au public cette friche industrielle afin d'offrir aux Lormontais et plus généralement, aux habitants de la métropole bordelaise, un espace de détente et de promenades au sein d'un espace urbanisé dense et majoritairement minéral. Ce parc contribue à reconnecter les citadins à la nature et constitue, associé aux autres parcs publics le long du coteau, un véritable poumon vert. Cette idée de « parc nature » remonte aux années 1970 lors d'une mobilisation générale contre la reconversion de la carrière en une décharge d'ordures.

Ce parc participe à l'image de marque de la commune et de Bordeaux Métropole. Les travaux paysagers menés par la paysagiste Graziella Barsacq rappellent le passé industriel passé du site grâce à l'intégration de certains matériaux dans les aménagements (béton, métal, calcaire, etc.). Son projet met l'accent sur la géographie, les textures géologiques et s'appuie sur la présence des plantes existantes. La création du parc de l'Ermitage s'accompagne de la sanctuarisation d'un secteur à fort intérêt écologique composé, entre autres, de milieux humides. Ce projet a été lauréat du Prix départemental du Paysage en 2017.



Passerelle métallique pour rappel du passé industriel du site
© Lormont



Phase travaux, création du lac de l'Ermitage, 2004 © Lormont



Promeneurs sur les sentiers du parc de l'Ermitage © a'urba



Aménagements au bord du lac de l'Ermitage © a'urba

La gestion du parc de l'Ermitage repose sur un plan de gestion écologique renouvelé tous les 3 ans. Ce dernier s'appuie sur la réalisation d'inventaires écologiques et définit une série d'actions à mener pour le maintien et le renforcement de l'intérêt écologique du parc. Il préconise notamment le maintien des milieux ouverts par une fauche mécanique accompagnée partiellement par de l'écopâturage. Cette gestion, réalisée par une trentaine de moutons, a principalement une vocation pédagogique. Le dernier plan a été adopté en 2023.

Cette renaturation plus encadrée nécessite une intervention humaine et s'appuie notamment sur le génie écologique. Le parc de l'Ermitage présente une grande diversité d'habitats naturels :

- des boisements (ex : futaie de chêne vert associée à des espèces à affinité méditerranéenne);
- des pelouses calcaires;
- des zones humides.

Une renaturation nuancée par le contexte historique et fragilisée par certaines activités anthropiques

La disparition progressive des prairies bocagères et autres milieux naturels et agricoles, situés en périphérie du parc, au profit de surfaces urbanisées a entraîné l'altération des corridors écologiques (liaisons favorisant le déplacement de la biodiversité). Ainsi, malgré les efforts entrepris ces dernières années pour maintenir les milieux ouverts (ex : pelouses calcicoles) voire pour rouvrir certains espaces boisés, l'actuelle faible fonctionnalité des corridors écologiques ne permet pas le développement d'une richesse en biodiversité similaire à celle enregistrée à la fin des activités d'extraction du sous-sol sur le secteur.



Berges escarpées du lac de l'Ermitage surmontées d'une végétation dense © a'urba

Dès sa création et la réalisation des premiers aménagements, certains usages non désirés se sont développés au sein du parc (chasse, moto-cross, etc.). Si certains ont pu être écartés (ex : chasse), d'autres sont apparus ultérieurement tels que des rassemblements générant notamment des nuisances sonores pour la faune et une dégradation du site (ex : déchets, barbecue, piétinement). Certains aménagements réalisés favorisent cette surfréquentation comme la création du lac de l'Ermitage. Certes, cet écosystème artificiel a été reconnu comme zone d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) en 1982 en raison de la présence de certaines espèces patrimoniales d'amphibiens, de reptiles, d'insectes ou d'oiseaux. Toutefois, ces dernières années, ce lac suscite un intérêt croissant de la part des visiteurs (lieu de détente, activités récréatives, voire festives) ce qui favorise les désagréments précités. Cette surfréquentation est problématique pour l'intérêt écologique du parc. En effet, celle-ci génère des conséquences néfastes sur les milieux naturels et semi-naturels du parc pouvant aller jusqu'à la disparition de certaines espèces fréquentant le site (ex : Azuré du serpolet [*Phengaris arion*]).



Vue aérienne du parc de l'Ermitage au contact du tissu urbanisé © Lormont

Un espace à l'intérêt écologique reconnu et lieu de sensibilisation du public

Depuis 2022, la commune et le GPV (Grand Projet des Villes) rive droite ont lancé une concertation autour des usages au sein du parc de l'Ermitage. Pour ce faire, ils se sont rapprochés de diverses structures telles que les services des sports, le tissu associatif, etc. Cette concertation s'inscrit dans l'élaboration d'un plan de gestion des usages et la mise en œuvre d'un programme d'animations permettant de sensibiliser les publics à la fragilité des milieux et à l'intérêt de les préserver.

Outre son intérêt récréatif et de ressourcement, le parc de l'Ermitage possède également une vocation pédagogique au regard de ses caractéristiques géologiques et écologiques qui attirent paysagistes, naturalistes, groupes scolaires, etc.



Panneaux pédagogiques © Lormont



Visite pédagogique du parc de l'Ermitage © Lormont

Depuis juillet 2018, le parc de l'Ermitage est classé, pour grande partie, en Espace Naturel Sensible (ENS). Son statut de reconnaissance et de préservation pourrait connaître une évolution supplémentaire grâce à son inscription en tant que site Natura 2000 d'ici la fin de l'année 2024. Sous réserve du respect des engagements souscrits, ce classement au titre des contrats Natura 2000 octroie des aides financières. Celles-ci devraient permettre la mise en œuvre de nouveaux outils visant à mieux encadrer la fréquentation du parc grâce notamment à la sanctuarisation de certains espaces ou au développement d'une gestion plus durable sur d'autres. L'objectif serait donc de créer des conditions de vie (zones de quiétude, de nidification, etc.) plus favorables au maintien des espèces faunistiques et floristiques (ex : création de gîtes à chiroptères) grâce à la conciliation des usages avec la préservation du vivant.

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Cet exemple met en évidence la combinaison successive de deux types de renaturation : l'une, basée sur la régénération spontanée de milieux associés à une ancienne activité industrielle ; l'autre, appuyée sur le génie écologique à travers la création d'un parc public.

Ce retour d'expérience rappelle le pouvoir et l'intérêt de la libre évolution des milieux dans un objectif de

reconquête de la biodiversité tout comme l'importance de la préservation d'une trame verte fonctionnelle. Cet exemple démontre également la nécessité d'accompagner ce « laisser faire » afin de préserver un équilibre entre milieux ouverts et fermés. Néanmoins, cette intervention humaine doit être modérée afin de conserver une certaine spontanéité de l'évolution des milieux, garant de la présence d'espèces mieux adaptées au changement climatique.

FINANCEMENT DU PROJET

COÛT DE L'OPÉRATION

Estimation du prix global (appel d'offres) : environ 1 000 000 € HT

GESTION DE L'OPÉRATION

Estimation du prix annuel : environ 40 000 € HT

PARTENAIRES FINANCEURS

- Union européenne : Fonds européen de développement régional (FEDER)
- Département de Gironde
- Bordeaux Métropole : Contrat de co-développement (CODEV)

ÉLÉMENTS CLEFS DU PROJET

COLLECTIVITÉ & MAÎTRE D'OUVRAGE

Ville de Lormont

MAÎTRE D'ŒUVRE

Atelier Paysage Graziella Barsacq - Graziella Barsacq, Paysagiste

CALENDRIER

Études préliminaires : 2003

Début des travaux : 2003

CONTACT

- Pôle territorial rive droite, Emmanuel NAGOUA, emmanuel.nagoua@lormont.fr, 05.40.54.43.50



Vallées du Croult et du Petit Rosne : renaturation de tronçons de cours d'eau

PROGRAMME D'ACTIONS

Fiche de cas

10 / 2024

Contexte

Le Croult et le Petit Rosne, son principal affluent, sont deux rivières qui s'écoulent dans le Sud-Est du département du Val-d'Oise. Ces deux cours d'eau sont très fortement anthropisés, voire souvent bétonnés et enterrés.

Le Syndicat Mixte pour l'Aménagement Hydraulique des vallées du Croult et du Petit Rosne (SIAH), créé en 1945, est un service public dont le périmètre d'action couvre l'ensemble des bassins versants du Croult et du Petit Rosne, soit environ 20 000 hectares.

Par transfert de compétence, le SIAH assure la compétence GEMAPI¹. Selon la typologie de missions, le syndicat intervient en tant que maître d'ouvrage, maître d'œuvre ou exploitant des réseaux d'assainissement.

L'ensemble de ses missions répondent à divers objectifs étroitement liés : amélioration de la gestion des eaux usées (renouvellement des réseaux, mise en conformité des installations et des raccordements) et pluviales, protection des cours d'eau et des zones humides, réduction du risque d'inondation, **renaturation de tronçons de rivières**, etc.

1. Gestion des milieux aquatiques et la prévention des inondations.

ENJEUX

Améliorer la gestion des eaux pluviales

Réduire le risque d'inondation

Améliorer la qualité des cours d'eau

Créer des milieux favorables à la biodiversité

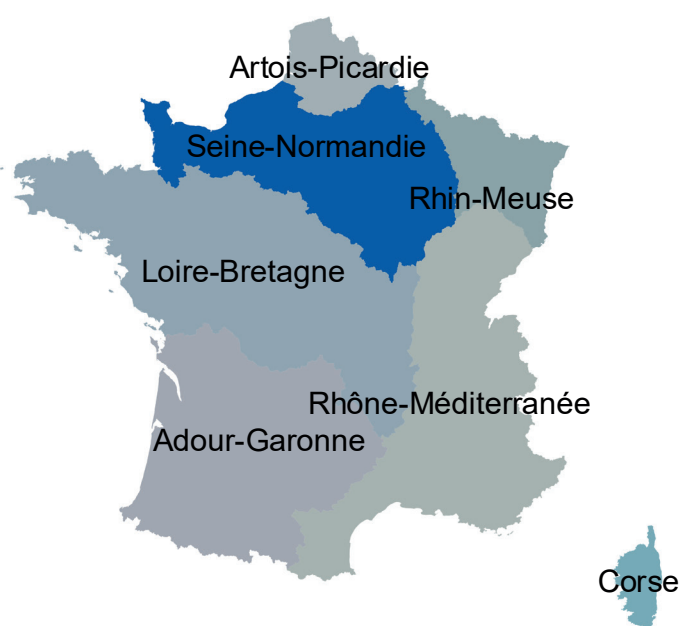
Améliorer le cadre de vie

Remettre en valeur les fonds de vallée

Localisation des actions de renaturation



Bassin hydrographique concerné



Une renaturation en « pas japonais »

Le périmètre d'action du SIAH est concerné par deux principales problématiques justifiant l'intérêt de renaturer les cours d'eau : la **pollution des rivières** et le **risque d'inondation**.

La pollution des cours d'eau trouve pour première origine les rejets ponctuels d'eaux usées liés à de mauvais raccordements. La faible proportion de berges naturelles végétalisées le long du tracé du Croult et du Petit Rosne ne permet pas de filtrer suffisamment les pollutions d'origine humaine.

Le risque d'inondation résulte quant à lui du débordement de ces cours d'eau ainsi que de ruissellements d'eaux pluviales lors d'épisodes pluviométriques importants. Le caractère souvent très artificialisé de ces cours d'eau et de leur lit majeur limite :

- La capacité d'adaptation du cours d'eau à soutenir de gros débits ;
- La capacité du lit majeur à jouer son rôle de zone d'expansion de crues.

Ainsi, pour le volet « prévention des inondations » de la compétence GEMAPI, les actions de renaturation viennent, sur le périmètre du SIAH, compléter la création d'aménagements et d'ouvrages de réduction du risque (ex : bassins de stockage d'eau).

De même, ces actions de renaturation ne peuvent à elles seules compenser les rejets illicites d'eaux usées dans les milieux aquatiques. Elles accentuent simplement les effets positifs de la mise en conformité des branchements d'assainissement.

La réalisation d'actions de renaturation de cours d'eau est tributaire d'un **portage du syndicat affirmé**. Ce dernier est prépondérant dans la sélection des sites à renaturer. Toutefois, d'autres critères de sélection sont étudiés tels que la présence d'**enjeux particuliers** propres au site (ex : niveau du risque naturel, gain écologique potentiel), sa **superficie** et son **statut foncier**. De plus, la réalisation de travaux programmés par la mairie peut aussi constituer une opportunité intéressante de mener des actions de renaturation sur tout ou partie du secteur concerné. Cette stratégie dessine une renaturation découpée en plusieurs tronçons sous forme de « **pas japonais** ».

Outre les enjeux associés au site sélectionné, la question des **usages** à maintenir, à restaurer ou à créer est examinée tout comme celle de la **sécurisation** du site.

Le SIAH s'efforce de renforcer la **participation citoyenne** autour de ses actions de renaturation. Toutefois, celle-ci reste très variable selon les cas, elle est notamment fortement dépendante de l'implication des élus. À titre d'illustration, des « diagnostics en marchant » ou un relais de l'avancement du projet sur les réseaux sociaux sont des outils utilisés par le SIAH pour impliquer et informer les citoyens. Une marche commentée en marge du projet, facilitant un regard plus large sur l'espace, a même déjà été expérimentée en lien avec un projet de recherche porté par le PIREN-Seine¹.

1. Groupement de recherche à l'échelle du bassin versant de la Seine



Les actions de renaturation portées par le SIAH impliquent nécessairement une **gestion post-travaux**. Cette gestion comprend deux volets : une gestion écologique et hydraulique réalisée par le SIAH et une gestion des déchets et de la sécurité publique assurée par la commune ou l'intercommunalité compétente. De l'efficacité de cette co-gestion dépend la réussite et la pérennité de l'action de renaturation.

Pour mener ces actions de renaturation, le SIAH a pour habitude de s'entourer d'experts thématiques en particulier de naturalistes et paysagistes. Le bureau d'études en hydrologie vient en appui de ces derniers.

Diverses **difficultés** ont pu être rencontrées lors de la réalisation des actions de renaturation portées par le SIAH :

- La maîtrise foncière des terrains ;
- La rédaction du cahier des charges afin que les objectifs de renaturation soient respectés par la mission de maîtrise d'œuvre ;
- Le maintien de la participation citoyenne tout au long du projet ;

- L'apaisement des craintes des citoyens autour de la réalisation du projet (ex : retour de la faune sauvage) ;
- Le dimensionnement et la fréquence d'entretien des nouveaux aménagements (ex : hauteur des végétaux) afin de concilier reconquête de la biodiversité et sécurité publique (ex : regroupements de personnes).

Malgré ces quelques difficultés, pour l'heure, les différentes actions de renaturation de tronçons du Croult et du Petit Rosne ont toujours été globalement très bien accueillies par la population. Ce type de projet est d'ailleurs fortement sollicité par les communes auprès du SIAH tant ils représentent une vitrine locale pour ces territoires.



Exemple d'un tronçon renaturé du Petit Rosne sur la commune d'Ézanville - © SIAH

Une renaturation aux multiples avantages

En raison de rejets provenant d'activités économiques installées au bord du Croult et du Petit Rosne, la qualité de ces cours d'eau s'est fortement dégradée avec l'arrivée de l'ère industrielle. La forte pollution de ces deux rivières, devenues des égouts à ciel ouvert, a justifié l'action de les enterrer ou les canaliser autour les années 1940. Cette solution devait également permettre de résoudre les problématiques d'inondation.

Néanmoins, l'artificialisation de ces cours d'eau n'a pas réellement permis de régler les problèmes d'inondation ou de pollution. En effet, certaines inondations récentes ont démontré les effets inverses de celle-ci. De même, le Croult et le Petit Rosne sont, à ce jour, toujours considérés comme des cours d'eau pollués au regard des objectifs de la DCE¹. Ils sont notamment particulièrement sensibles aux pollutions liées à des systèmes d'assainissement défectueux.

1. Directive Cadre sur l'Eau

Cette artificialisation a surtout eu pour conséquence de faire oublier à la population l'existence de ces cours d'eau et donc de rompre le lien avec ces derniers.

Depuis le début des années 2000, le SIAH a entrepris de faire revivre ces deux cours d'eau grâce à leur remise à ciel ouvert. Cette nouvelle mission implique de renaturer les cours d'eau et leurs abords dans le but d'améliorer leur qualité, de réduire le risque d'inondation associé, d'améliorer la gestion des eaux pluviales, de créer des milieux favorables à la biodiversité et de valoriser les fonds de ces vallées humides.

Deux exemples d'actions de renaturation menées par le SIAH, l'un sur le Petit Rosne et l'autre sur le Croult, sont mis en avant ci-après.

Exemple n° 1 : Renaturation d'un tronçon du Petit Rosne

En 1992, la commune de Sarcelles (95 200) a subi d'importantes inondations par débordement du Petit Rosne. Ces inondations ont mis en lumière l'intérêt de renaturer ce cours d'eau. Ainsi, la commune et le SIAH ont programmé des travaux de réouverture d'un tronçon du Petit Rosne localisé entre les places de Miraville et du 11 Novembre.

La renaturation de ce tronçon a pour principal objectif de favoriser le retour de la rivière dans son lit en cas de nouvelles crues. Le plan d'évolution du tracé du Petit Rosne suite au projet de renaturation est présenté ci-contre.

Outre l'intérêt lié au risque de débordement, cette action de renaturation visait également à restaurer les écosystèmes aquatiques et terrestres associés au cours d'eau, en particulier les zones humides.

Ainsi, cette renaturation contribue au renforcement de la biodiversité intra-urbaine.



Plan d'évolution du tracé du Petit Rosne suite au projet de renaturation © Astee - Réhabilitation des Petites Rivières Urbaines 2020

La renaturation du Petit Rosne est matérialisée par la création de m de lit mineur. Les principaux travaux réalisés sur ce tronçon reposent sur :

- Le reméandrage du cours d'eau et sa remise à ciel ouvert ;
- La végétalisation et protection des berges à partir d'ensemencements d'espèces végétales adaptées.

Dès lors qu'il était impossible de recourir uniquement aux techniques de génie écologique, d'autres techniques plus artificielles ont été utilisées pour consolider les berges (ex : enrochement).

De plus, des passerelles pour franchir le cours d'eau ainsi que des panneaux pédagogiques pour sensibiliser la population aux nouveaux aménagements ont été créés.

La renaturation de ce tronçon a permis de reconnecter la population locale à l'élément « eau » et de redonner de la place à cette ressource dans le paysage du quotidien. Cette action contribue également à la diffusion d'une culture du risque liée à ce cours d'eau. Un repère de crue a été installé en 2021.



Tronçon du Petit Rosne avant-projet de renaturation en 2013 (à gauche) et après-projet en 2015 (à droite) - © SIAH

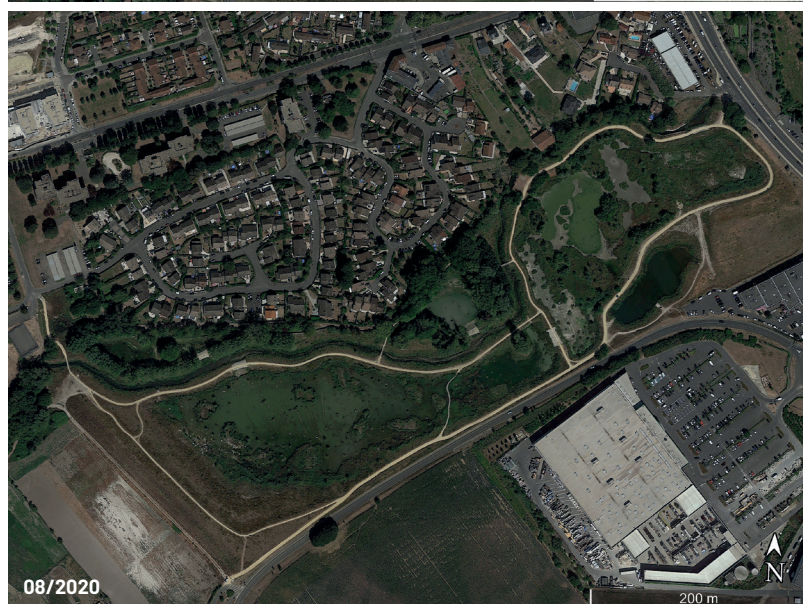
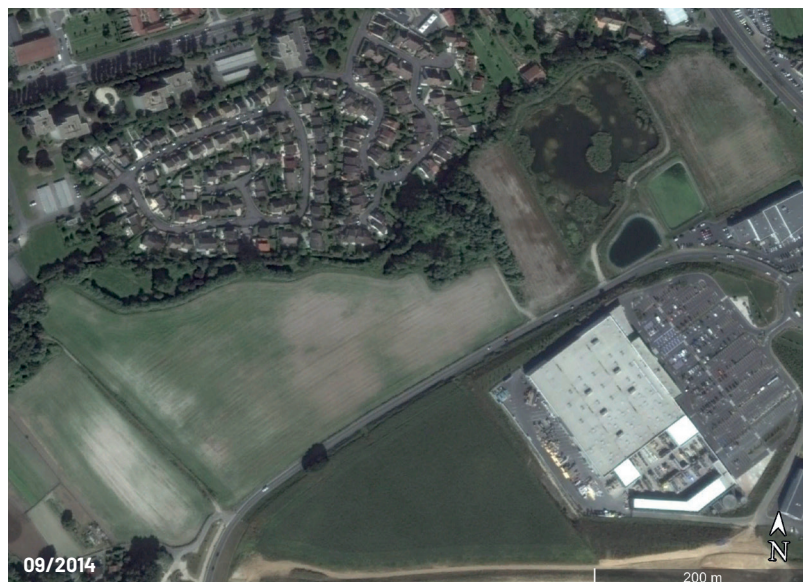
Exemple n° 2 : Renaturation d'un tronçon du Croult

L'élément déclencheur de cette action de renaturation est également rattaché à une problématique d'inondation récurrente d'un secteur urbanisé. Dans le cas de la renaturation d'un tronçon du Croult, le secteur en question est le quartier du Vignois situé sur la commune de Gonesse (95500). En effet, un lotissement à usage d'habitation datant des années 1980 était régulièrement inondé en raison du dysfonctionnement du chenal de béton d'environ 800 m dans lequel s'écoulait le Croult en fonds de parcelles.

Les travaux de renaturation portés par le SIAH, en tant que maître d'ouvrage, consistaient en la création d'une zone d'expansion de crues de 12 hectares sur des terrains privés occupés par des activités maraîchères et de grandes cultures. Jugée d'intérêt public, cette action de renaturation intègre la restauration de nombreuses zones humides.



Zone d'expansion des crues et zones humides créées par renaturation d'un tronçon du Croult - © SIAH



Évolution en vue aérienne du secteur renaturé au sein du quartier du Vignois à Gonesse - © Google Earth

Les principaux travaux réalisés sur ce tronçon comprennent :

- Le reméandrage du cours d'eau ;
- La suppression du chenal ;
- La création d'un système de surverse et de drainage des écoulements pluviaux en direction de la zone d'expansion des crues ;
- La reconnexion des annexes hydrauliques,
- la création d'un bassin de décantation et d'épuration des eaux provenant de la ZAC voisine ;
- L'aménagement de l'espace urbain en relation avec le cours d'eau (piste cyclable, passerelles, belvédères, pontons, etc.).

Grâce à ces travaux, le Croult a désormais retrouvé son lit naturel et le lotissement n'a, pour l'heure, plus été concerné par des inondations.

La création ou restauration de milieux naturels, en particulier de zones humides, a permis la réapparition d'une riche biodiversité faunistique et floristique bien que le secteur renaturé soit touché par le développement d'espèces invasives envahissantes (ex : Jussie rampante [*Ludwigia peploides*], Renouée du Japon [*Reynoutria japonica*]).

Un suivi post-travaux a été mis en place et intègre notamment l'étude de composantes biologiques, chimiques, physico-chimiques associées au cours d'eau ainsi que la réalisation d'inventaires naturalistes en partenariat avec l'Agence régionale de la biodiversité.

Outre son intérêt lié aux inondations, l'objectif de ce projet était également de créer un espace de nature accessible au public pour la promenade, la pratique du vélo, la découverte de la biodiversité, etc. L'ouverture au public en juin 2019 de cet espace, devenu parc du Vignois, a permis de valider cet objectif. De plus, de par son intérêt écologique, cet espace renaturé a été classé en 2023 « Espace naturel sensible ».

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Bien que les effets des actions de renaturation soient, pour l'heure, peu quantifiables notamment en raison de l'échelle temporelle, d'autres effets sont quant à eux déjà bien perceptibles. Ainsi, le suivi post-projet permet de mesurer : une augmentation de la capacité d'évacuation de l'eau en particulier après de fortes précipitations, une reconquête des milieux renaturés par la biodiversité (ex : retour de certaines espèces aquatiques), une diminution du risque d'inondation dans les secteurs initialement impactés et une amélioration du cadre de vie.

Ce dernier constat se traduit par une modification du

rapport des usagers à l'eau et la biodiversité ainsi que le développement de nouveaux usages (ex : lieux de promenades).

Les premières actions de renaturation démontrent la nécessité de renforcer la communication autour des projets auprès des usagers dès la conception et de la poursuivre en phase travaux et pendant la période d'exploitation. Cette communication est indispensable pour améliorer la compréhension et l'acceptation des aménagements réalisés (ex : gestion différenciée des berges).

ACTION N° 1 : RENATURATION D'UN TRONÇON DU PETIT ROSNE		ACTION N° 2 : RENATURATION D'UN TRONÇON DU CROULT	
COÛT DE L'ACTION			
Prix global : 920 000 € HT • Études préalables et divers : 79 000 € HT • Travaux : 783 000 € HT dont - Terrassement : 571 000 € HT - Espaces verts : 59 000 € HT - Ferronnerie : 153 000 € HT • Maîtrise d'œuvre : 58 000 € HT		Prix global : envlron 3 millions € TTC • Acquisition foncière : environ 1 million € TTC	
FINANCEMENT DE L'ACTION			
• Conseil départemental Val-d'Oise : 122 000 € • Conseil régional d'Île-de-France : 210 000 € • Agence de l'eau Seine-Normandie : 123 000 €		Agence de l'eau Seine-Normandie : 232 000 €	
ÉLÉMENTS CLEFS DE L'ACTION			
LOCALISATION : Commune de Sarcelles COURS D'EAU : Le Petit Rosne MAÎTRE D'ŒUVRE : SIAH MAÎTRE D'ŒUVRE : groupement CÉPAGE / HYDRATEC ENTREPRISES TRAVAUX : Terrassements, VRD, Ouvrages hydrauliques : SETHY Espaces verts et travaux forestiers : Vert Limousin Ferronnerie / Franchissements : Bois Loisirs Création CALENDRIER Début des travaux : janvier 2014 Durée des travaux : 10 mois		LOCALISATION : Commune de Gonesse COURS D'EAU : Le Croult MAÎTRE D'ŒUVRE : SIAH MAÎTRE D'ŒUVRE : groupement CÉPAGE / HYDRATEC ENTREPRISES TRAVAUX : Terrassements, VRD, Ouvrages hydrauliques : URANO Espaces verts et travaux forestiers : Vert Limousin Ferronnerie / Franchissements : ECMB CALENDRIER Début des travaux : août 2016 Durée des travaux : environ 3 ans	

CONTACT

- SIAH Croult et Petit Rosne, Éric CHANAL, contact@siah-croult.fr, 01.30.11.15.15

CONCLUSION

La renaturation répond à plusieurs objectifs dont le principal concerne la restauration de sols vivants. Ces sols, trop longtemps oubliés et négligés, ont été le support pour aménager les villes et développer les activités anthropiques. Or, les sols, lorsqu'ils sont en bonne santé, rendent de nombreux services écosystémiques et assurent des fonctions indispensables à nos écosystèmes.

La nouvelle loi sur la restauration de la nature promulguée par l'Union européenne (UE) fixe l'objectif de restaurer au moins 20 % des zones terrestres et maritimes de l'UE d'ici 2030 et tous les écosystèmes qui en ont besoin d'ici 2050. Pour réaliser ces objectifs, les pays de l'UE doivent remettre en bon état, d'ici à 2030, au moins 30 % de certains habitats spécifiques en mauvais état, puis 60 % de ces habitats en mauvais état d'ici à 2040 et 90 % d'ici à 2050.

La renaturation constitue un des piliers de la restauration de ces espaces naturels dégradés. Cet outil peut être envisagé à plusieurs échelles, du projet d'aménagement à une stratégie territoriale menée par une collectivité.

Ce rapport s'applique à éclairer et apporter des clefs de lecture pour mieux comprendre les enjeux, les objectifs et les leviers disponibles pour mettre en place la renaturation à l'échelle des territoires girondins.

De nombreux outils sont mis à disposition des acteurs publics ou privés pour mener des actions de renaturation.

D'un point de vue réglementaire, les documents de planification constituent l'outil à mobiliser pour lutter contre l'artificialisation des espaces naturels, agricoles et forestiers. C'est le socle de base sur lequel les collectivités doivent s'appuyer en priorité. En effet, c'est le principal outil mobilisable pour éviter une destruction et une imperméabilisation des sols.

La loi Climat et Résilience est venue renforcer le rôle de l'urbanisme dans la préservation des sols vivants.

Dans un second temps à l'échelle des projets d'aménagement, les acteurs publics et privés doivent réfléchir à de nouvelles formes urbaines qui concilient densité et faible emprise au sol. Cet objectif est indispensable pour atteindre les objectifs de limitation de l'artificialisation des sols.

Enfin, au sein des espaces naturels, agricoles et forestiers, des modifications de pratiques et de gestion sont à mettre en place pour restaurer ces sols vivants très exploités et dont les fonctions sont également altérées.

Au-delà des outils réglementaires, il existe actuellement plusieurs leviers financiers mis à disposition des collectivités pour les aider à supporter le coût de ces projets. Cependant, le panel des leviers financiers mobilisables est très complexe, parfois opaque et lourd à mobiliser. Il apparaît donc important d'apporter une aide et un accompagnement dans l'éclairage de ces fonds disponibles et surtout dans le montage des dossiers par les acteurs publics.

Ce rapport montre également le niveau de technicité nécessaire pour mener à bien ces actions. Végétaliser et désimpermeabiliser des sols ne signifient pas nécessairement renaturer mais constituent des étapes dans un projet de renaturation.

La renaturation des espaces artificialisés doit être envisagée à une échelle de temps long et ces espaces doivent être protégés de toute nouvelle dégradation.

Pour éviter cela, il existe plusieurs outils de protection à disposition des collectivités :

- La **maîtrise foncière** : l'achat des terrains concernés par la collectivité ou autre acteur public assure sa protection de toute urbanisation future (par exemple, les ZPENS et les ENS);
- La **protection au titre de la loi** : les réserves naturelles, les arrêtés de protection de biotope... sont autant d'outils de protection forte ;
- La **protection dans le cadre de documents d'urbanisme** : à l'échelle des PLUi, il est possible protéger par des outils spécifiques les espaces renaturés (classement en zone naturelle, servitude, déclassement de Zone AU à Zone N dans les documents d'urbanisme, OAP sectorielles, PADD);
- La **protection contractuelle** : le classement du site en zone Natura 2000 peut permettre par le biais d'un conventionnement d'assurer une gestion écologique par un tiers de l'espace renaturé.

Associer et intégrer des acteurs ressources tels que des écologues, des pédologues, dès le début de la réflexion permet d'avoir une approche méthodologique rigoureuse et un diagnostic précis des enjeux sur lequel appuyer le futur projet de renaturation.

La participation citoyenne dans la gestion du projet ne doit pas être oubliée afin de faciliter l'acceptation sociale. **Enfin, il est primordial de retenir que bien avant de définir une stratégie de renaturation à l'échelle d'un territoire, il convient de préserver autant que possible les espaces naturels, agricoles et forestiers encore présents de toute nouvelle artificialisation.**

Bibliographie – ressource

ANNE BLANCHART

Vers une prise en compte des potentialités des sols dans la planification territoriale et l'urbanisme opérationnel. Agronomie. Université de Lorraine, 2018.
<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-02075744/document>

DEBOEUF DE LOS RIOS, G, BARRA, M, GRANDIN, G. 2022

Renaturer les villes. Méthode, exemples et préconisations. ARB îdF, L'Institut Paris Région, <https://www.arb-idf.fr/nos-travaux/publications/renaturer-les-villes/>

CDC BIODIVERSITÉ ET OFFICE FRANÇAIS DE LA BIODIVERSITÉ (2022)

Renaturer les sols, des solutions pour ménager les territoires. CASTAING, J., MONOD, K., NOREVE, V., DOSSIER DE LA MEB N° 42, Mission économie de la biodiversité, Paris, France, 60 p.
<https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/Fichiers/Plaquettes%20et%20rapports%20institut/renaturer-les-sols.pdf>

CDC BIODIVERSITE (2023)

Les financements mobilisables pour les solutions d'adaptation fondées sur la nature,

ECLIMONT B, BOURCET C

Dossier de la MEB n° 48.
<https://www.ofb.gouv.fr/sites/default/files/2023-11/DOSSIER%20MEB%20%2348%20SAFN%20MD%20WEB.pdf>

COLSAET, A. 2017

Gérer l'artificialisation des sols : une analyse du point de vue de la biodiversité. Rapport, Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (Iddri), Paris, France, 105 p.
<https://www.iddri.org/fr/publications-et-evenements/decryptage/pour-une-approche-de-lartificialisation-des-sols-du-point-de>

ÉCOLOGIE DE LA RESTAURATION

De la recherche aux pratiques : enjeux et réalités – Le Dossier – Revue Espaces naturels n° 32,
<https://www.genieecologique.fr/reference-biblio/ecologie-de-la-restauration-de-la-recherche-aux-pratiques-enjeux-et-realites-le>

SOPHIE JOIMEL & BAPTISTE GRARD & LAURE VIEUBLÉ GONOD & CLAIRE CHENU

« Le fonctionnement écologique des villes : et si on pensait aux sols? », *Métropolitiques*, 13 mai 2021.
<https://metropolitiques.eu/Le-fonctionnement-ecologique-des-villes-et-si-on-pensait-aux-sols.html>

LIMASSET E, MERLY C, BÂLON P, DESROUSSEAUX M, QUADU F, HUCQ A, BORN C.H, MALHERBE A, BAPTIST F. 2021

Projet SOILval – Quelle prise en compte de la valeur des sols dans la planification et l'aménagement du territoire en France et en Wallonie? Pour une meilleure reconnaissance de la qualité des sols en contexte de mise en œuvre des objectifs européens de zéro artificialisation nette – Analyse juridique et état de l'art (WP2) – 111 pages
<https://sol.environnement.wallonie.be/home/sols/projets-et-recherches.html>

UNION PROFESSIONNELLE DU GÉNIE ÉCOLOGIQUE (UPGE)

Note de cadrage par le groupe de travail Sols et génie écologique de l'UPGE de propositions de cadre de définition de la Trame brune, 2021.
<http://www.genie-ecologique.fr/wp-content/uploads/2022/03/Note-de-cadrage-Definition-de-la-trame-brune-v5.pdf>

UICN FRANCE (2011)

La compensation écologique : État des lieux et recommandations. Paris, France
https://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/09/Etude_Compensation_UICN_France.pdf

Note Crédits Chefs de projet : Cécile Nassiet, Valentin Ryckebusch, / Sous la direction de : François Péron
Conception graphique : Catherine Cassou-Mounat

Photographies © a'urba sauf mention contraire.

Bien que tous les efforts possibles aient été effectués pour entrer en contact avec les propriétaires des droits d'auteurs des illustrations et photos figurant dans ce document, nous n'avons pas toujours réussi à les retrouver. Si l'une de vos illustrations ou photos apparaît ici sans copyright, veuillez-nous en avertir.