









# DESIGN ET BIODIVERSITÉ

## QUAND LE DESIGN S'INTÉRESSE AU SOL



# DESIGN ET BIODIVERSITÉ QUAND LE DESIGN S'INTÉRESSE AU SOL

Helena Baesi  
Mémoire réalisé pour l'obtention du D.N.S.E.P. Design grade Master, 2024  
École Nationale Supérieure d'Art et de Design de Nancy-Artem

## RÉSUMÉ

Ce mémoire traite de l'importance de comprendre et protéger la petite biodiversité du sol, de la plante aux micro-organismes, et de la manière dont le designer peut s'insérer dans ce champ d'action. En considérant l'écosystème de haut en bas, de la pousse des plantes à la faune du sol, nous argumentons sur l'importance de créer des liens entre les vivants et les écosystèmes, tout d'abord en faisant un état des lieux des pratiques et actions de végétalisation en France et dans le monde ; ensuite, en montrant l'intérêt d'un sol riche et sain pour une biodiversité végétale, animale et microbienne plus forte, grâce au compostage et à l'humification. Après avoir questionné ce qu'est le sol, sa biodiversité et l'importance de l'inclure dans nos projets, nous montrons comment le designer peut s'approprier ce sujet par le choix et la création de matériaux à même d'impacter positivement cette biodiversité, notamment un matériau compostable fait à partir d'algues pour des objets qui nourrissent le sol, puis par l'usage de la céramique traditionnelle comme matériau poreux qui accueille et favorise la biodiversité et enfin des matériaux innovants céramiques, les géopolymères comme matériaux bio-réceptifs. Ce mémoire met en évidence la petite faune et à la petite flore trop souvent oubliées dans nos conceptions et nos espaces.

### Mots clé :

petite biodiversité, sol, écosystèmes, connections, interdisciplinarité, design, matériaux nourriciers

## ABSTRACT

This MA thesis discusses the importance of understanding and protecting the small biodiversity of the soil, from plants to micro-organisms, and how designers can play a role in this. Looking at the ecosystem from top to bottom, from plant growth to soil fauna, we argue the importance of creating connections between living beings and ecosystems. After a literature review about revegetation practices and initiatives in France and around the world, we show the benefits of a rich, healthy soil for plant, animal and microbial biodiversity, through composting and humification. We describe what soil is, its biodiversity and the importance of including it in our projects; and we show how designers can meaningfully choose and create materials that have a positive impact on biodiversity, in particular a compostable material made from algae for objects that nourish the soil, the use of traditional ceramics as a porous material that welcomes and encourages biodiversity and finally innovative ceramic materials, geopolymers as bio-receptive materials. This work highlights the importance of the small fauna and flora that are too often forgotten in our designs and spaces.

**Keywords :**

small biodiversity, soil, ecosystems, connections, interdisciplinarity, design, nourishing materials

[traduit en anglais à l'aide de DeepL Translator et DeepL Write]



## SOMMAIRE

<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>17</b>
<b>INTRODUCTION</b>	<b>21</b>
<b>DE HAUT EN BAS</b>	<b>29</b>
VÉGÉTALISER	33
COMPOSTER	55
CONNAITRE LE SOL ET SA BIODIVERSITÉ	64
<b>DES MATÉRIAUX NOURRICIERS POUR LE SOL</b>	<b>79</b>
LES REBUTS NATURELS : DES GODETS DE PLANTATION COMPOSTABLES	81
LES PROPRIÉTÉS DE LA CÉRAMIQUE POUR LA BIODIVERSITÉ DES SOLS	85
LE POTENTIEL DES GÉOPOLYMÈRES	93
<b>CONCLUSION</b>	<b>101</b>
<b>TABLE DES FIGURES</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>110</b>
<b>REMERCIEMENTS</b>	<b>121</b>











## AVANT-PROPOS

Enfant, j'ai vécu dans les Cévennes, dans un terrain rempli de plantes, insectes et animaux. Mes premiers souvenirs se passent dans cet endroit et sont presque tous liés aux vivants qui m'entouraient, bien qu'à l'époque je ne le nommais pas comme ça. Je passais tout mon temps seule à observer, manipuler et jouer avec les animaux, les plantes et grimper aux arbres. Ensuite j'ai déménagé à Montpellier et il n'y avait plus rien. Je me souviens avoir dû changer mon comportement pour m'adapter à la vie en ville et comme il n'y avait plus de nature, je me suis intéressée aux gens. Par l'éducation que ma mère m'a donnée, très touchée par l'écologie, le changement climatique et la nature, j'ai eu un intérêt dès l'enfance pour la biodiversité<sup>1</sup> de notre planète. Elle m'a donné une sensibilité pour les questions écologiques et environnementales du 21<sup>ème</sup> siècle. Suite à notre déménagement, ma mère a fait du mieux qu'elle pouvait pour me redonner un contact avec la nature dans un milieu urbain. Elle s'est sûrement rendu compte de notre besoin à toutes les deux. Elle m'a toujours dit qu'on existe parce que la nature existe.

1. « La biodiversité, c'est le tissu vivant de notre planète. Cela recouvre l'ensemble des milieux naturels et des formes de vie (plantes, animaux, champignons, bactéries, etc.) et leurs interactions. ». Source : Ministères Écologie Énergie Territoires, « Biodiversité : présentation et enjeux », Ministères Écologie Énergie Territoires.

J'avais l'impression de ne voir qu'un paysage urbain toujours froid, bétonné et inerte. Lors de promenades, certains immeubles et maisons qui contredisaient toutefois cette réflexion, avec des plantes qui recouvraient petit à petit toutes leurs façades. Une maison m'a particulièrement touchée. Elle était comme une grosse tache verte au loin. Un écosystème au centre de Montpellier. Recouverte entièrement de végétation. Et la première chose que je me suis demandée c'était « et l'intérieur ? ». Est-ce que cette nature s'était aussi approprié l'intérieur ? Comment ? Qui y vit ? C'est sans doute quelqu'un qui la respecte.

Pour mes études, j'ai déménagé dans une autre grande ville, à Toulouse, et cette fois seule. Lorsqu'on change d'environnement, tout change. Les bâtiments sont différents et surtout les personnes, mais une chose qui, même en changeant, me donnait une stabilité c'était la nature. Bien que dans un milieu urbain tout ait été créé par l'humain, il reste tout de même de la nature<sup>2</sup>. Elle me permettait de me détendre, de respirer, de ralentir. Vivre seule m'a aussi fait comprendre de l'importance de vivre avec un autre être vivant. Dans mon cas j'ai adopté un chat qui semblait avoir besoin de moi lorsque j'ai eu besoin d'elle. Je voyais notre relation comme une relation d'entraide mutuelle. Elle m'a permis de voir le temps passer ; en la voyant grandir

2. Philippe Descola, *Par delà nature et culture* (Paris: Gallimard, 2005).

mais aussi parce que je me réveillais à une certaine heure, je me rappelais de manger, de sortir et me coucher. Comme si à travers ses besoins, elle me rappelait les miens.

À cette période-là, j'ai beaucoup pensé au futur. Au mien mais surtout à celui de notre planète. C'est pourquoi beaucoup de mes projets en école de prépa tournaient autour de futurs possibles, où la nature reprenait finalement ses droits. Sans ces humains qui l'avaient déplacée, recrée, manipulée et tuée. C'étaient toujours des univers situés dans des milieux urbains souvent dystopiques et parfois avec une part d'utopie.

Ensuite il y a eu la crise sanitaire en 2020. J'étais dans un lieu non familial et je ne pouvais plus sortir. Et c'est là que j'ai vraiment ressenti ce besoin de reconnexion avec le vivant. Confinée, comment le ramener à l'intérieur. J'ai opté pour la solution la plus simple, acheter des plantes, vertes, colorée, peu importe. J'ai de cette manière rempli mon espace intérieur de végétaux. Ce changement positif m'a fait changer d'état d'esprit et même de manière de vivre.

Le fait d'être en contact avec ces êtres vivants m'as permis de mieux m'adapter en les voyant eux s'adapter.

Durant cette période j'avais également un important sentiment d'impuissance face à cette crise sanitaire, à la pollution, au réchauffement climatique et à l'avenir de notre planète.

J'avais de gros doutes sur mon choix de formation et d'avenir. Pourquoi devenir designer quand des professionnels de cette discipline ont participé aux problèmes écologiques d'aujourd'hui ? J'ai décidé de trouver une manière pour moi, future designer, de me sentir moins impuissante face aux problèmes écologiques et climatiques et de trouver des manières pour corréler le design et l'écologie, la nature. De trouver des solutions pour que ma pratique de designer réponde, ou prenne en compte, ces problématiques. Le designer travaille pour l'humain mais ne pourrait-il pas travailler aussi pour d'autres êtres ? Comment nous faire du bien tout en faisant du bien à d'autres êtres vivants, à la nature, à notre planète ? C'est en tentant de répondre à ces questions que j'ai décidé de consacrer mon mémoire au rôle du design dans la préservation de la biodiversité.

## INTRODUCTION

Dans ma démarche de future designer, j'ai décidé de m'intéresser à la biodiversité à une petite échelle, des végétaux aux micro-organismes des sols, et à la biomasse vivante terrestre<sup>3</sup> que nous avons dans nos villes et sous nos pieds. Le végétal constitue 80% de la biomasse terrestre<sup>4</sup>. Il a la capacité de s'adapter et se transformer selon son environnement. Malgré ces capacités, le réchauffement climatique et ses conséquences le mettent actuellement en danger du fait de la température, l'assèchement des sols et l'artificialisation<sup>5</sup>.

Dans les villes il y a un manque évident de nature et d'espaces verts<sup>6</sup>. En effet il y a en moyenne 20 m<sup>2</sup> de végétation par habitant en France<sup>7</sup>. Les villes continuent de croître mais les espaces verts n'augmentent pas au même rythme.

3. La biomasse vivante terrestre est la somme d'animaux, végétaux, champignons, bactéries, virus et autres organismes vivants. Source : Jacques JOYARD, « Répartition de la biomasse sur la planète », in Encyclopédie de l'Environnement, 7 février 2023.

4. Jacques JOYARD, « Répartition de la biomasse sur la planète », in Encyclopédie de l'Environnement, 7 février 2023.

5. Véronique Antoni et Marlène Kraszewski, « L'état des sols en France : l'artificialisation et les autres sources de dégradation », Annales des Mines - Responsabilité et environnement 2018/3, N° 91 (s. d.). p. 13 à 18.

6. « Un espace vert désigne, en urbanisme, tout espace d'agrément végétalisé (engazonné, arboré, éventuellement planté de fleurs et d'arbres et buissons d'ornement, éventuellement garni de pièces d'eau et cheminements). » Source : Observatoire de l'environnement, Montreuil.

7. Tifany Antkowiak, « Angers, Nantes et Strasbourg sont les villes les plus vertes de France », Bleu Loire Océan, France Bleu, 15 mars 2017.

Il est de notre devoir de protéger cette biomasse que nous avons mise en danger. Des actions de végétalisation sont mises en place dans les espaces publics. Alors, au vu de la situation actuelle, comment ces espaces verts peuvent-ils reconnecter les habitants urbains avec la nature, repenser les relations au vivant et aux écosystèmes ? Il est aussi important de reconnecter les vivants non-humains et les écosystèmes entre eux.

Nous devons prendre conscience que nous faisons partie d'un même écosystème et nous avons donc besoin d'une biodiversité végétale et vivante pour surmonter cette crise. Notre relation à la nature et aux autres êtres vivants doit changer, tout comme notre manière de vivre et de penser nos innovations.

Nous ne parlons des bienfaits de la nature que lorsque nous en avons besoin, tout comme nous nous intéressons à ses problématiques lorsque cela nous touche directement. Les êtres humains prennent en compte la nature pour sa fonction utilitariste. Nous commençons enfin à réaliser l'importance de la biodiversité sur notre planète et ce depuis que nous avons commencé à prendre au sérieux le dérèglement climatique et l'appauvrissement des ressources naturelles. La biodiversité est considérée comme un enjeu essentiel depuis le Sommet de la Terre de Rio de Janeiro de 1992, et elle doit être préservée. L'usage du terme biodiversité et ses enjeux mène à nommer par l'ONU, l'année 2010 comme l'année internationale de la biodiversité.

Elle est aujourd'hui au cœur des préoccupations environnementales<sup>8</sup>.

La biodiversité a été impactée par l'humanité qui a oublié l'importance et le droit d'exister de tous les autres organismes non humains. Dans nos écosystèmes nous sommes dépendant les uns des autres, nous sommes toutes et tous au même niveau, l'idée d'une hiérarchie entre espèces ne devrait plus exister. Baptiste Morizot, dans son ouvrage *Les Diplomates, Cohabiter avec les loups sur une autre carte du vivant* écrit à ce sujet qu'il faut « abandonner le modèle de la souveraineté humaine » de manière à fonder « un autre paradigme de relation au vivant<sup>9</sup>. » Nous devons préserver et œuvrer pour la biodiversité et enrichir les milieux.

Pour prendre en compte nos écosystèmes, la notion d'écotone est importante car elle nous amène à les observer, les comprendre et les préserver<sup>10</sup>. ou de nouveaux écosystèmes. L'écotone est l'espace intermédiaire entre des écosystèmes voisins, c'est un lieu de marge, de mélange et de transition. Il s'agit d'un concept récent, apparu au 20ème siècle et toujours plus utilisé depuis les années 1970.

8. « Biodiversité : présentation et enjeux », Ministères Écologie Énergie Territoires.

9. Baptiste Morizot. *Les Diplomates, Cohabiter avec les loups sur une autre carte du vivant* (Marseille : Éditions Wildproject, 2016. p. 23.

10. « L'écosystème constitue la plus grande unité fonctionnelle en écologie, puisqu'il inclut à la fois les organismes vivants et l'environnement abiotique (c'est-à-dire non vivant), chacun influençant les propriétés de l'autre, et les deux sont nécessaires au maintien de la vie telle qu'elle existe sur Terre. » Source : Renan Aufray et Manuelle Rovillé, « CNRS/sagascience - Les écosystèmes ».

Ce mot vient du grec « *oikos* » qui signifie maison, milieu, patrimoine et « *tonos* », en tension<sup>11</sup>. En écologie, c'est la zone où deux écosystèmes homogènes se rencontrent. La biodiversité qu'elle abrite est particulière car ce sont non seulement des espèces appartenant à chacun des écosystèmes limitrophes, mais aussi des espèces propres à ce milieu de transition. Des exemples de zones écotonales sont par exemple les plages (entre eau et terre, mer et côte), les lagunes, l'espace entre une forêt et une plaine, les lisières des forêts, la mangrove (qui est constituée d'un ensemble de végétation se développant dans la zone entre marées et régions littorales), mais il existe aussi des écotones urbains comme les banlieues ou d'autres zones « transitoires » au sein des villes ou des territoires, ainsi que des liens et des échanges entre des personnes ou des groupes hétérogènes. C'est une notion porteuse de réflexions sur la variabilité des phénomènes observés à l'échelle locale ou régionale, qui explore la dimension naturelle altérée des zones frontalières.

11. « Définition de écotone | Dictionnaire français », La langue française.



Fig. 1

Fig. 2

Photos d'écotones entre différents écosystèmes, Rosières-aux-Salines, France, octobre 2023



Fig.3  
Photos d'écotones entre différents écosystèmes aquatiques et terrestres, Rosières-aux-Salines, France, octobre 2023



Fig. 4

Fig. 5

Photos d'écotones, entre la rivière et les habitations , Rosières-aux-Salines, France, octobre 2023

Dans ce mémoire nous verrons l'importance de comprendre et protéger la petite biodiversité du sol, de la plante aux micro-organismes, et la manière dont le designer peut s'insérer dans ce champ d'action. La première partie consiste à faire un état des lieux des pratiques et actions de végétalisation, et de la manière dont le sol et sa qualité influencent la biodiversité végétale, animale et microbienne. Dans la deuxième partie nous verrons une des manières dont le designer peut s'approprier ce sujet par le choix de matériaux pour impacter positivement cette biodiversité et redonner une place à la petite faune et flore dans nos conceptions, nos espaces et nos relations au vivant.

# DE HAUT EN BAS







## VÉGÉTALISER

Nous nous intéressons à la biodiversité végétale principalement lorsque c'est à propos de nous et de notre rapport à elle. Elle est évoquée lors de problèmes liées à l'alimentation, à nos environnements trop secs, trop humides, à la température trop élevée, à la pollution de l'air, de l'eau ou du sol ou encore à notre santé physique ou psychique. Ces problématiques sont notamment présentes dans les villes qui doivent faire face aux besoins d'une population croissante<sup>12</sup>.

Ces dernières années, nombreuses sont les municipalités (par exemple : Nancy, Montpellier, Paris) qui tentent de plus en plus de changer le paysage urbain en créant de nombreux espaces verts accueillant la biodiversité. L'histoire des espaces verts dans les villes est plus ancienne : elle a commencé dès la renaissance (jardin du Luxembourg, 1612, Paris) mais elle s'est principalement développée aux 19eme siècle en réponse aux problèmes de pollutions dans les villes. Avec la révolution industrielle, l'air des villes est extrêmement pollué<sup>13</sup>. Ces parcs et jardins créent non seulement des espaces esthétiques, mais surtout des lieux sains et bien aérés pour les habitants des villes, comme Cen-

12. « Villes de France - Tableaux de l'Économie Française | Insee ».

13. Florian Charvolin, « Pollution de l'air et société (1957-2000) », in *Design et pensée du care: pour un design de microluttés et des singularités* (Dijon: Les presses du réel, 2018). p. 293.

tral Park à New York, un très grand espace vert situé au cœur de cette ville américaine.

Aujourd'hui les critères qui légitiment le développement des espaces verts sont la recherche d'« îlots de fraîcheurs » et la recherche de lieux accueillant de la biodiversité. Un fait nouveau est la création d'espaces verts à petite voir micro-échelle. Comme dans les villes le sol est imperméabilisé, bétonné et l'espace disposé à accueillir la végétation très réduit, différentes stratégies de végétalisations sont mises en place.

Des petites installations temporaires comme la *Bulle verte* conçue en 2010 par Jardins de Babylone, une entreprise de paysagistes à Paris, est une sphère végétale temporaire placée en milieu urbain. Ce sont quatre structures en métal et en PVC transparent en forme de bulles, placées à différents emplacements de Paris, qui abritent chacune des végétaux différents et qui contiennent entre 60 et 80 m<sup>3</sup> de végétation<sup>14</sup>. Ces espaces déconnectent le visiteur de son écosystème parisien et l'invitent à rentrer dans une bulle végétalisée. Ce projet permet de s'accorder quelques minutes de bien-être et de silence qu'apporte le végétal dans une ville, oubliant notre stress en s'immergeant dans ce décor qui a pour objectif de réconcilier la nature avec l'urbain. Ainsi ce projet mise sur le bien-

14. « La bulle verte : 4 lieux symboliques de la capitale », Jardins de Babylone.



Fig. 6  
*Bulle verte, Jardins de Babylone, 2010*



Fig. 7  
*Bulle verte, Jardins de Babylone, 2010*



Fig. 8  
*Mur végétal du musée du Quai Branly, Patrick Blanc, France, 2004*



Fig. 9  
*Le Nouvel Kuala Lumpur, Jean Nouvel, Patrick Blanc, Malaisie, 2016*

être physique et psychique des êtres humains car on connaît maintenant la nécessité d'avoir un contact avec la nature pour notre santé et la difficulté de l'obtenir dans un milieu comme Paris. On assiste aussi à la création de jardins partagés sur des friches urbaines, c'est-à-dire des terrains en attente d'une construction que des associations peuvent louer pour une durée déterminée. Et l'exploitation des espaces intermédiaires et des interstices : le bord des routes, le pieds des arbres. Pour cela, la ville de Nancy a mis en place le permis de végétaliser les façades et les pieds de mur face à la rue. C'est une autorisation d'occupation temporaire du domaine public, accordée à toute personne qui s'engage à installer et entretenir un dispositif de végétalisation<sup>15</sup>. De manière à contribuer à l'échelle de l'individu et de l'habitant à la végétalisation des villes.

Une autre solution est l'exploitation de la verticalité. Les surfaces verticales sont de plus en plus consacrées au végétal, comme les murs végétaux de Patrick Blanc qu'il décrit comme étant « une espèce d'écosystème »<sup>16</sup>. Ce sont des écosystèmes artificiels pour lesquels chaque plante a été choisie spécifiquement. Ce sont aussi des solutions pour le rafraîchissement naturel de l'air de manière responsable et écologique, permettant aussi d'isoler les façades intérieures en hiver et

15. Ville de Nancy, « Le plan nature – Nancy la ville ».

16. Rencontres internationales de l'art et du design, *Faut pas pousser: design et végétal* (Reims : École supérieure d'art et de design, 2013).p.64.

offrant une isolation phonique toute l'année. Ces installations donnent « à la fois une impression très forte de milieux naturels et une interrogation ; une forme de dialogue et une invitation au respect de la plante. <sup>17</sup> ». Patrick Blanc est pionnier sur ce principe des murs végétaux verticaux : il a déposé un brevet sur les murs végétaux en 1988. Pour lui, « la création, c'est avant tout un respect entre la plante et l'homme puisqu'on est au même niveau<sup>18</sup>. » Le design qui place le végétal au centre donne une opportunité de fluidifier les relations entre les espaces, d'inclure, d'incruster le végétal à des espaces construits. Ces mises en œuvre permettent également d'agir sur une prise de conscience par le biais d'objets écologiques et d'espaces végétalisés. Le design végétal est principalement un outil de sensibilisation, pour montrer l'importance du végétal dans notre environnement et son importance pour notre avenir mais pas seulement.

C'est ce même esprit qui a animé la construction d'immeubles végétalisés comme le *Bosco verticale* de Milan, inauguré en 2013. L'architecte Stefano Boeri a conçu deux tours avec plus de 700 arbres et 15 000 plantes<sup>19</sup>. Le but était de créer un édifice écologique qui permettrait

17. Rencontres internationales de l'art et du design, *Faut pas pousser: design et végétal* (Reims : École supérieure d'art et de design, 2013). p 65.

18 Rencontres internationales de l'art et du design, *Faut pas pousser: design et végétal* (Reims : École supérieure d'art et de design, 2013). p. 65.

19. « Projects », Stefano Boeri Architetti.



Fig. 10  
*Bosco verticale*, Stefano Boeri, 2013



Fig. 11  
Photographie rapprochée du Bosco verticale, Stefano Boeri, 2013



Fig. 12  
*L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2000



Fig. 13  
Détail d'une facade, *L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2000 - 2023

Fig. 14

Fig. 15  
Détail d'un muret, *L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2023

de compenser la diminution de surface forestière et végétalisée. Cette forêt urbaine permet aussi d'isoler l'immeuble et de créer des zones de fraîcheur et de l'oxygène. Ce projet semble idyllique mais nous fait questionner sur l'impact réel qu'il y a eu lors de la construction de ces deux bâtiments et si la biodiversité amenée est suffisante pour le compenser. Ces végétaux vivent dans des espaces restreints avec peu de profondeur de terre et nous manquons d'information sur la biodiversité qu'a amenée ce projet. Les espèces sélectionnées ont peu de diversité et les animaux et insectes, notamment ceux de la terre, n'ont pas été pris en compte. Les plantes et les arbres sont plantés dans ce nouvel espace artificiel contrôlé et doivent s'adapter avec peu de contact avec d'autres espèces. Cela en fait des espèces fragiles et, sans soin de la part de l'humain, il semble difficile que ces végétaux soient durables.

Un autre exemple est *L'immeuble qui pousse* d'Edouard François, construit en 2000 à Montpellier. C'est toute la façade de l'immeuble qui est recouverte de grosses pierres dont les interstices abritent du terreau et des graines<sup>20</sup>. Les plantes grandissent ainsi petit à petit entre les pierres jusqu'à recouvrir toute la surface du mur. La temporalité est très longue mais pleine de sens. La surface se transforme avec le temps en

20. « Maison Edouard François », Maison Edouard François.

biotope. Ici les plantes sont des espèces locales, pour qu'elles puissent s'adapter plus facilement. Dans ce cas, ce sont des graines qui poussent directement dans leurs milieux, celles qui grandissent seront les plus fortes et se multiplieront plus facilement. Vingt ans après, on peut observer que seulement une partie de la surface, constitué de gros rochers, abrite du végétal (voir Fig. 15) ; les façades, quant à elles, sont constituées de pierres nues, protégées par un grillage.

Même avec leurs limites, ces deux projets montrent un souci de cohabitation entre le vivant humain et non-humain.

Une autre initiative importante et le travail sur les continuités vertes. Les trames écologiques comme la trame verte ou la trame bleue définissent « un espace en réseau destiné aux espèces vivantes, en particulier à la circulation de la faune. »<sup>21</sup>. Ce sont des ensembles naturels, des réseaux de continuité écologique qui relient entre eux des « réservoirs de biodiversité<sup>22</sup> » végétale, animale, aérienne et aquatique dans les milieux terrestres et aquatiques. Les trames permettent la protection et l'entretien de ces couloirs écologiques, évitant la fragmentation pour favoriser et préserver la biodiversité notamment en milieu urbain. La circulation de la faune

21. Hervé Parmentier, « Trames et continuité écologique », *Géoconfluences*, octobre 2022.

22. Trame verte et bleue, « Qu'est ce qu'un réservoir de biodiversité ? ».

est importante pour que les animaux puissent s'abriter, se nourrir et se reproduire. Fragmenter ces parcours empêche tout cela et peut diminuer cruellement le nombre et la qualité des habitats disponibles pour les organismes vivants ainsi que la « connectivité entre les habitats<sup>23</sup> ». Moins il y a de connectivité, moins il y a de choix pour se déplacer et atteindre certains lieux ou milieux.

En raison de la densité urbaine le développement des trames vertes est difficile.

A travers nos déplacements dans nos villes nous faisons face à des continuités et discontinuités écologiques parfois très visibles et parfois à très petite échelle. Il s'agit par exemple des grands axes de circulation, des routes, mais aussi des murets, des infrastructures et des bâtiments en général. Ces discontinuités créent notamment un appauvrissement de la biodiversité.

Grain collective, une agence d'architecture paysagère et de planification urbaine de New-York et Ecotono Urbano, une agence d'architecture paysagère implantée au Mexique et spécialisée dans la végétation et les écosystèmes régionaux ont travaillé ensemble sur un projet urbain intitulé *Streetscape* dans le District Valle Del Campestre en 2017 à San Pedro Garza García (Mexique). Celui-ci, toujours en cours, intègre plus de 6,5 km de trottoirs et plus de 45 000 m<sup>2</sup>

23. « Connectivité, connexité », Terme, Géoconfluences (École normale supérieure de Lyon, mars 2013).



Fig. 16  
Photographie du District Valle Del Campestre, Mexique, 2017



Fig. 17  
Image conceptuelle des intentions de projet, Streetscape, District Valle Del Campestre, Mexique, 2017

d'espaces verts<sup>24</sup>. Ce projet a pour but de renforcer les liens entre les personnes et leur environnement, en créant des espaces publics de convivialité, réhabilités, inclusifs et accessibles, et en contribuant à l'amélioration de la ville, créant des connexions piétonnes avec des infrastructures vertes.

La demande du district est aussi de fournir d'autres options de transport, en plus de la voiture, pour relier les différentes activités qui se déroulent dans le district. Les écoles, les commerces, les entreprises et les résidences font partie d'un plan urbain interconnecté et accessible<sup>25</sup>. Ce projet consiste à amener de la végétation dans les trajets quotidiens des habitants en ajoutant des connections et des espaces verts, et favoriser aussi la vie en communauté en créant des espaces de détente et de rencontre. Leur proposition comprend également la création de ruisseaux urbains le long des avenues pour la gestion de l'eau de pluie, des habitats pour la faune locale comme les oiseaux, les papillons et les mammifères, des services comme la captation de particules polluantes dans l'air et l'eau, ainsi que des programmes éducatifs et participatifs<sup>26</sup>. C'est un projet assez intéressant du point de vue de la biodiversité car différentes espèces

24. Ecotono Urbano, « Ecotono Urbano Monterrey. Creamos Paisajismo y Espacios Públicos Incluyentes. ».

25. Grain Collective, « DVC Streetscape ».

26. Ecotono Urbano, « Ecotono Urbano Monterrey. Creamos Paisajismo y Espacios Públicos Incluyentes. ».

sont prises en compte, l'humain bien sûr mais aussi les végétaux, les animaux et les insectes. Ces nouveaux espaces créent ainsi des abris pour la biodiversité ainsi que des lieux de vie ou de passage pour les humains. Une question cruciale qui reste pour l'instant sans réponse est de savoir s'ils ont également pris en compte les déplacements des autres espèces au sein de cet écosystème, car l'on sait que de cette liberté de mouvement dépend leur survie. La notion d'écotone est justement utilisée comme outil pour comprendre les différents écosystèmes qui interagissent entre eux et notamment dans ces points de transition.

En outre, multiplier les passages, les routes fait sens pour reconnecter l'humain à cette nature car les habitants ont ainsi le choix du trajet qu'ils ou elles veulent prendre et cela permet de voir son environnement différemment en le redécouvrant avec une attention et un regard nouveau. Les « lieux familiers sont le début de l'appréciation des interactions multi-espèces<sup>27</sup>. » Ces lieux familiers peuvent être nos espaces de vie, nos maisons, mais aussi les routes que nous empruntons quotidiennement. Ces routes que nous prenons tous les jours comme un automatisme peuvent devenir le déclenchement d'une nouvelle appréciation des interactions multi-espèces. Pour découvrir ou redécouvrir nos

27. Anna Lowenhaupt Tsing, *Proliférations* (Marseille: Wildproject, 2022). p. 76.

relations, il faut donc avoir de l'attention envers ce qui nous entoure, pour créer une nouvelle interaction. Les lieux familiers sont ce que nous connaissons le mieux, ceux qui nous rassurent. Mais lorsque nous y sommes trop accoutumés, nous oublions souvent d'observer, nous ne sommes plus attentifs, nous faisons la même route encore et encore, sans nous rendre compte des changements autour de nous. Et si on choisissait nos lieux consciemment, pour créer un nouveau lien, un nouveau contact et devenir à nouveau attentifs ?

Dans la ville, les zones végétalisées deviennent des « mosaïque de milieux potentiellement accueillants pour la biodiversité<sup>28</sup> ». Généralement, le végétal y est lui-même très contrôlé. Les espèces sélectionnées sont les plus performantes, avec le plus d'adaptabilité et une croissance rapide, et la biodiversité qu'elles amènent reste encore trop limitée, donnant ainsi une faible densité d'espèces. Ces végétaux vivent dans un milieu qui n'est pas suffisamment accueillant et abritent ainsi des espèces trop faibles, qui ne durent pas forcément dans le temps bien qu'il y ait maintenant une interdiction d'utiliser des pesticides<sup>29</sup> et que des zones

28. Fanny Méquinion, « Assemblée vivante. Pour réconcilier ville, habitant et biodiversité urbaine » (Nancy, École nationale supérieure d'art et de design de Nancy, 2023). p. 66.

29. Loi contre les pesticides : « La loi Labbé modifiée par l'article 68 de la LTE et la loi Pothier interdit à partir du 01/01/2017 aux personnes publiques d'utiliser/faire utiliser des produits phytosanitaires pour l'entretien des espaces verts, forêts, promenades et voiries (sauf pour des raisons de sécurité ...) ». Source : Ministère de la Santé et de la Prévention.

plus vastes deviennent piétonnes, éloignant la pollution des voitures.

Dans le continent africain, un autre projet d'envergure a pris place depuis quelques années. Il concerne plusieurs zones et actions écologiques au sein d'un écotone : le projet de la *Grande Muraille Verte* a vu le jour en 2009, mené par l'Union Africaine et l'ancien président sénégalais Abdoulaye Wade. C'est un couloir très visible en Afrique. La frontière entre végétation et désert du Sahara s'étend de façon plus ou moins homogène, mais recule de plus en plus au profit de la désertification. Ce projet, toujours en cours, consiste à ralentir cette désertification et à restaurer les écosystèmes sahéliens en créant une muraille verte, une bande de 15km de large qui traverse onze pays (Sénégal, Mauritanie, Mali, Burkina Faso, Niger, Nigeria, Tchad, Soudan, Érythrée, Éthiopie e Djibouti) sur 7 000km<sup>30</sup>. Ce grand projet consiste en fait en plusieurs actions menées, donnant comme une mosaïque d'écosystèmes et de territoires verts<sup>31</sup>. La plantation de nouveaux arbres en est la principale, dans une succession de champs où des essences, notamment fruitières, ont été plantées. En effet, comme le dit Haïdar El Ali, ancien ministre de l'environnement, qui dirige ce projet : « Si on veut que les gens plantent des arbres, il faut que

30. Goffner Deborah, « La Grande Muraille Verte : un espoir pour reverdir le Sahel ? », in Encyclopédie de l'environnement, 14 janvier 2019.

31. « Une mosaïque de territoires verts au Niger », Agence française de développemet.

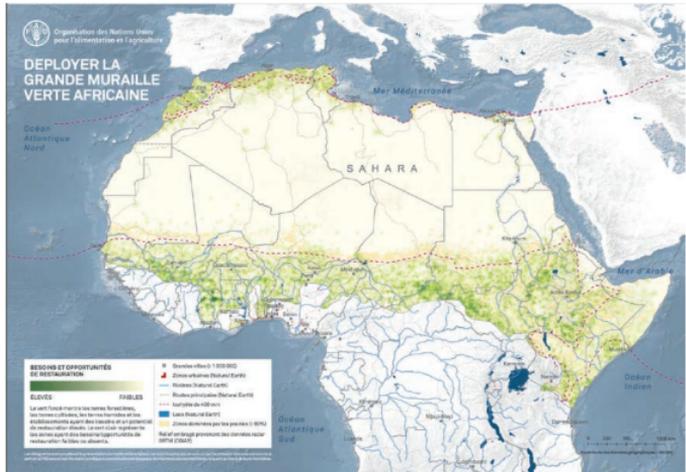


Fig. 18  
Image de la Grande muraille verte, 2018



Fig. 19  
La ferme d'agriculture biologique de Souf, Sénégal

cela leur rapporte quelque chose. C'est pour cela que j'insiste sur les citronniers et les arbres fruitiers. Si les gens produisent des citrons, des mangues ou encore des noix de coco, ils pourront les revendre sur les marchés et se faire de l'argent. ». Pour que ce projet soit durable, il est important que la population soit impliquée et comprenne la nécessité de reboiser ces zones. Ce projet permet aussi de donner une sécurité et une indépendance alimentaire par la création de fermes d'agriculture bio comme celle de Souf, près de la commune de Nguith (Sénégal), où viennent travailler les femmes du village. Priscilla Duboz, anthropologue et chercheuse au CNRS (Centre national de la recherche scientifique) explique : « c'est un projet multisectoriel, qui a pour objectif à la fois la restauration écologique, mais aussi et en même temps, le développement des territoires locaux. » En effet par la « mise en place par l'Agence des jardins polyvalents, de l'apiculture ou encore par exemple par la récolte de paille <sup>32</sup> », ce projet met à contribution les populations locales car il veut aussi agir sur les problèmes « socio-économiques des populations sahéliennes <sup>33</sup> » en créant des interactions entre les écosystèmes et les populations locales. C'est un projet qui rassemble des communautés autour de ces questions environnementales et des besoins locaux. Monique Barbut, présidente du WWF,

32. « La grande muraille verte, clef de l'avenir de l'Afrique », France Culture, 9 avril 2021.

33. Goffner Deborah, « La Grande Muraille Verte : un espoir pour reverdir le Sahel ? », in Encyclopédie de l'environnement, 14 janvier 2019.

ex-secrétaire exécutive de la convention désertification aux Nations unies et ancienne présidente du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), affirme que « c'est le seul [programme] qui permette de donner dix millions d'emplois aux jeunes d'ici à 2030 <sup>34</sup> », cependant leurs implications est encore trop faible et la sensibilisation à ces problématiques n'est pas encore une priorité. Néanmoins, sur une zone aussi large que la grande muraille verte, la communication entre les populations locales, les organisations liées à ce projet et les différents pays concernées et très importante pour que chacun y trouve son compte, et de même pour la biodiversité.

En Afrique, comme ailleurs, l'une des grandes problématiques est l'eau. Les lieux sont choisis selon la pluviométrie (mesures des volumes de précipitations). S'il pleut moins de 400ml d'eau par an, la zone est considérée « comme étant une zone de la grande muraille pour laquelle il y a une urgence à agir ». Une des réponses à cet enjeu est l'agroécologie qui demande peu d'eau avec un sol qui conserve mieux l'humidité. Les arbres plantés doivent être utiles aux habitants et demander peu d'eau pour survivre dans des zones arides. À la différence des projets cités plus haut, ici ce sont 100% d'espèces indigènes choisies, tant pour leurs usages par les populations locales que pour leur adaptabilité au milieu. Les treize espèces choisies, comme le « dattier du

34. « La Grande Muraille verte, mirage sahélien », *Le Monde.fr*, 10 septembre 2020.

désert », sont suivies au cours des années pour déterminer leurs taux de survie, leur croissance et la production de biomasse.

Ce projet montre que pour agir sur une échelle plus large ou plus globale il faut commencer par des zones et des actions plus restreintes, plus ciblées et locale, sur une échelle réduite. En multipliant ces actions on parvient à élargir la zone par connections. Ces connections écologiques et locales, voire communautaires, permettent en plus de l'impact écologique, d'avoir un impact économique et social.

Ainsi, favoriser, accroître la biodiversité et se reconnecter avec elle, c'est aussi se reconnecter entre communautés d'êtres humains.

Ce projet est cependant confronté à plusieurs problèmes comme le faible taux de reimplantations réussies qui ne dépasse pas 5%. Le taux de survie des arbres est très faible, selon Germaine Ebong, la représentante d'une ONG au Sénégal, car ils ne survivent en moyenne pas plus de deux ans malgré plusieurs campagnes de reboisement. La dégradation et la qualité du sol en est une des raisons.

Il s'agit là d'un enjeu crucial pour la vie et le rôle de la biodiversité des sols et l'importance des actions menés pour en préserver la richesse sont le sujet des parties qui suivent.





## COMPOSTER

L'exemple précédent montre que planter ne suffit pas. La biodiversité des sols est un enjeu crucial pour que les végétaux se développent bien. Nous savons maintenant que pour une biodiversité végétale riche et forte, la qualité du sol et de ses nutriments est importante. La couche supérieure du sol se crée par l'humification, c'est-à-dire par la transformation des matières en humus ; ce processus se fait à partir de la litière végétale principalement mais aussi animale qui, en pédologie (l'étude des sols), est une couche superficielle qui couvre le sol. Cette couche constitue une nécromasse composée de feuilles et d'autres détritux végétaux, animaux et des micro-organismes en cours de décomposition (biologique) par une biodiversité d'organismes, tels que des champignons, des bactéries et des invertébrés décomposeurs<sup>35</sup>. Ces derniers se nourrissent de ces détritux en continu et créent ainsi de la place pour l'oxydation chimique qui décomposera tous les déchets naturels ; ils laisseront ensuite place à des minéraux (soufre, phosphore, carbone), et des gaz, en retenant notamment l'eau. C'est ainsi que se constitue l'humus, qui est donc principalement constitué de matières organiques. Cette couche est la couche avec le plus de nutriments et de

35. « Définition | Détrivore - Décomposeur - Putrivore | Futura Planète », Futura.

porosité (80%)<sup>36</sup>, abritant une importante biodiversité. Ainsi l'humification nourrit le sol et la minéralisation permet la nutrition de plantes et végétaux. Cette première couche où s'installent l'humus, les racines des plantes et les insectes c'est aussi la rhizosphère, d'une profondeur de 5mm. À cet endroit, il existe une interaction très forte et importante entre le sol, les plantes, et la biodiversité animale et microbienne. C'est l'épaisseur qui recense le plus de biodiversité, où les plantes, à travers leurs racines, communiquent avec les micro-organismes dont elles ont besoin (sécrétion de rhizodépôts)<sup>37</sup>; ici, la microfaune permet elle aussi de faire circuler librement et rapidement l'air et l'eau dans le sol. Le compost se crée ainsi grâce à une relation mutualiste et interspécifique où chacun a son rôle, sa place et obtient ce dont il a besoin dans cet écosystème sol.

Le compostage est une pratique utilisée depuis longtemps dans les campagnes et se développe progressivement dans les villes à plusieurs échelles. À l'échelle de la ville, la loi du 10 février 2020 liée à la lutte contre le gaspillage alimentaire pour une économie circulaire (AGEC)<sup>38</sup> va rendre obligatoire, à partir du 1er janvier 2024, le

36. Emmanuel Bourguignon, « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019.

37. Emmanuel Bourguignon, « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019.

38. « LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (1) », 2020-105 § (2020).

tri des déchets organiques pour les collectivités, les industriels et les particuliers. Le compostage est fait de manière individuelle, chez soi dans des lieux comme les jardins privés ou partagés ou même en appartement, grâce aux lombricomposteurs, des composteurs d'appartement. L'association italienne Ecotòno est une association qui travaille depuis 20 ans sur des projets visant à la durabilité environnementale et sociale dans les milieux ruraux et urbains, publics ou privés, afin de réduire leurs vulnérabilités, accroître des mesures d'adaptation au changement climatique et améliorer une résistance et une entraide des territoires et des communautés par des processus participatifs des communautés. Ses missions concernent la gestion des ressources naturelles, les transformations territoriales et environnementales ainsi que la promotion de modes de vie durables (tant du point de vue environnemental que social) et la protection des biens communs, de la biodiversité, de la santé humaine et de l'environnement<sup>39</sup>.

Un projet récent qui vise à valoriser la permaculture porte toutes ces valeurs et tous ces objectifs. Il est mené par l'association en partenariat avec la municipalité de Padoue (Padova, Italie). C'est une collaboration signée en décembre 2022, pour une action d'adaptation au sein de cette municipalité en suivant le PAESC (Plan d'action pour l'énergie durable et le climat, en

39. « RIGENERAZIONE DEI SUOLI e COMPOSTAGGIO. La strategia scelta da Ecotòno con la Municipalità di Padova. », Ecotòno.



Fig. 20  
Potager pédagogique, ecotòno, école primaire de Asolo, Italie, 2023



Fig. 21  
Potager pédagogique et zone pédagogique , ecotòno, école primaire de Asolo, Italie, 2023

Italie, approuvé le 14 juin 2021), encadré par le règlement sur les biens communs. Elle s'est concrétisée par la mise en œuvre d'activités dans les jardins urbains et scolaires, pour effectuer une étude approfondie sur la régénération des sols et le compostage avec la permaculture, dans le but de changer la façon dont on observe, on perçoit et on comprend les écosystèmes (écotones et zones critiques), ainsi que les manières dont on collabore auprès de différents publics (enfants, adultes, enseignants et professionnels). Par la suite, deux composteurs ont été installés : un de type domestique dans une école, et un de type agricole dans un jardin public urbain. Cela permet de créer une action, une création participative selon les principes et les techniques de la permaculture et de l'agroécologie. Ce projet met en relation la communauté locale et l'écosystème du sol créant une nouvelle compréhension et un nouveau respect pour celui-ci.

Ce projet montre bien que plus nous connaissons et nous comprenons une chose, plus nous devenons attentifs à son égard et respectueux. Ces relations interspécifiques et communautaires, créées par ces activités dans des espaces communs, permettent aussi de responsabiliser les habitants au sein de ces espaces et écosystèmes.

C'est un projet qui utilise la permaculture, un système agricole symbiotique<sup>40</sup>, pour créer des

40. Isabelle Delannoy, *L'Économie symbiotique. Régénérer la planète, l'économie, la société* (Arlès : Actes Sud, 2017).

dynamiques communautaires, des stratégies de conception et de transformation du lieu, permettant une compréhension de la gestion des ressources (humaines et naturelles), et favorisant des relations entre personnes ainsi qu'avec la biodiversité environnante.

Le projet de Padoue renvoie beaucoup au jardin agricole de Souf, près de la commune de Nguith, au Sénégal, où une socio-écologie prend place<sup>41</sup>. Ces actions ont ainsi pu influencer positivement la gestion des jardins et des espaces communs avec un nouveau respect du sol, et elles ont su accroître l'engagement et l'implication des personnes concernées par ces espaces et des communautés locales, en améliorant ainsi les relations entre ces personnes, groupes et institutions. Les individus ont aussi maintenant la capacité de prendre soins de leurs espaces de vie privés mais surtout communs et de comprendre qu'il est important de maintenir un soutien mutuel avec cette biodiversité.

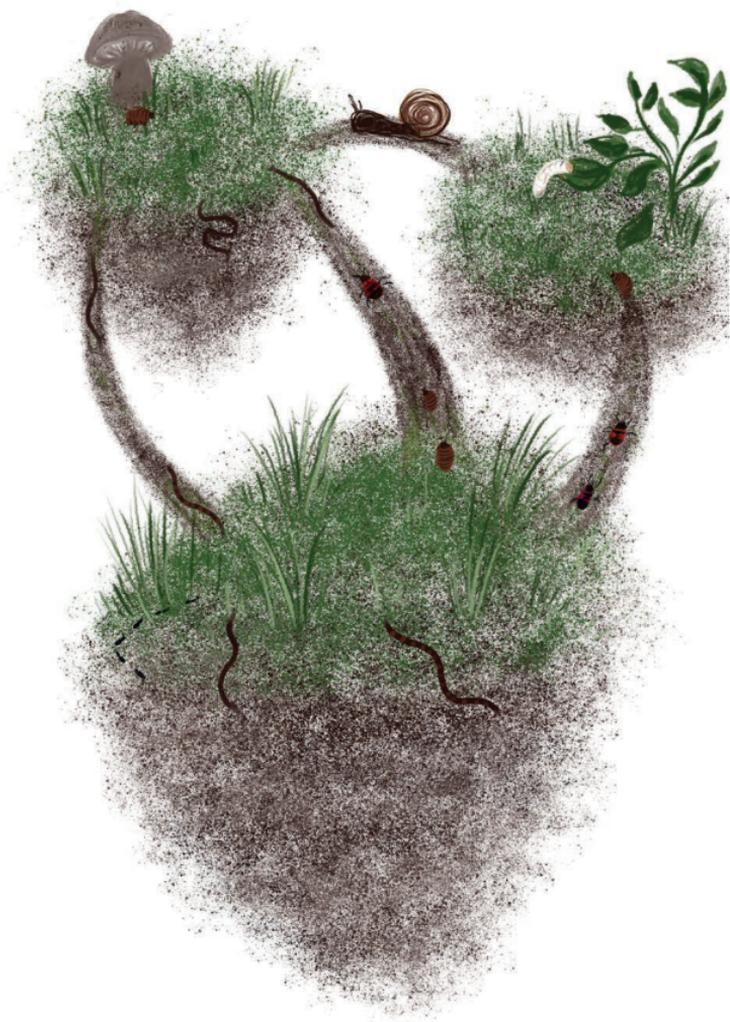
Agir sur la régénération des sols par le compostage de déchets organiques trouvés sur place ainsi que nos déchets alimentaires permet aussi de valoriser cette matière et créer des sols fertiles pour la végétation urbaine et les autres organismes du sol. Le sol fertile permet une meilleure croissance des plantes et augmente la couverture verte du sol et la biodiversité des

41. Voir p. 49-50

espaces urbains. Il permet notamment de rétablir le cycle de la matière et d'un « micro-écosystème »<sup>42</sup> au sein d'un jardin ou d'un parc.

42. Apolline Auclerc, « jardibiodiv - Conseils de gestion des jardins »





« La fine couche de sol qui recouvre irrégulièrement les continents contrôle notre existence et celle de tous les autres animaux de la Terre. Sans sol, la végétation terrestre telle que nous la connaissons ne pousserait pas ; et sans plantes, aucun animal ne survivrait. [...] Le sol, en partie une création de la vie, est né en effet, voici des millénaires, de merveilleuses interactions entre le vivant et l'inanimé. [...] peu à peu les substances inertes se sont muées en sol. Les lichens, premier vêtement des roches, ont favorisé par leurs sécrétions acides le processus de désintégration, et préparé le berceau de vies nouvelles. Les mousses ont pris pied dans les petites poches du sol élémentaire, constitué de débris de lichens, de téguments d'insectes microscopiques, de déchets d'une faune qui commençait à sortir de la mer.

Ainsi crée la vie, le sol contient aujourd'hui une abondance et une diversité incroyable d'être vivants, sans lesquels il serait une chose morte et stérile. Grâce à leur présence et à leur activité, la myriade d'organismes du sol le rend apte à entretenir le manteau vert de la Terre. La communauté du sol consiste donc en une toile de vies reliées les unes aux autres ; les créatures vivantes y dépendent du sol, lequel à son tour ne demeure un élément vital du globe que si cette communauté qui lui est intérieure est prospère. »<sup>43</sup>

43. Rachel Louise Carson, *Printemps silencieux*, Wildproject (Marseille : Wildproject, 2009), p. 89-92.

## CONNAÎTRE LE SOL ET SA BIODIVERSITÉ

Le sol a été traité pendant longtemps comme quelque chose d'inerte, comme un simple support pour les êtres humains et leurs infrastructures. Il a été recouvert de matériaux lourds et étouffants, de béton, d'asphalte, de métaux et autres matériaux provenant du secteur de la construction et de l'industrie minière. Ainsi il a été appauvri et artificialisé<sup>44</sup>.

En fait, plutôt que dire « le sol », il faudrait dire « les sols »<sup>45</sup>, étant donné leur composition toujours différente et déterminée par l'environnement, la biosphère et les conditions climatiques, le relief, les organismes vivants qui y résident et les activités humaines. Les sols et leurs biodiversités sont très complexes et mystérieux, et il y a encore à découvrir des milliers d'interactions qui les concernent et d'espèces qu'ils abritent. Ne pas comprendre le sol dans sa richesse et dans sa globalité contribue à en perpétuer un usage irresponsable. «Les sols [...] sont-ils vivants et exigent-ils un respect ? Faut-il faire de la diplomatie avec la vie des sols (leur extraordinaire microbiote) ? Ou faut-il les exploiter plus raisonnablement, ou bien encore plus scientifiquement ? La question [...] repose sur une inter-

44. Véronique Antoni et Marlène Kraszewski, « L'état des sols en France : l'artificialisation et les autres sources de dégradation », *Annales des Mines - Responsabilité et environnement* 2018/3, N° 91 (s. d.). p.13 à 18.

45. Cosciences et Guillaume Bagnolini, *Un sol vivant, c'est quoi ?*, 2022.

rogation [...] peu formulée en contexte occidental, qui distingue de manière binaire la matière inerte et les êtres-sujets : on ne sait pas qui sont les sols »<sup>46</sup>.

Il faut donc d'abord connaître les sols pour mieux les préserver, les protéger et pour mieux gérer leurs ressources. Le sol est défini par l'AFES (Association Française pour l'Étude du Sol) comme étant :

« 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 pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la Terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes). »<sup>47</sup>

46. Baptiste Morizot, *L'inexploré* (Marseille : Wildproject, 2023). p. 21.

47. « Définition et enjeux », AFES - Association Française pour l'Étude du Sol.

Le sol est ainsi formé par l'altération des roches sous l'effet du climat, du relief et des organismes vivants. Il est composé d'humus ainsi que d'argile obtenue par la transformation lente d'une roche mère qui se dégrade en pierre puis en sable et gravier, et ensuite devient le limon qui se transforme par la suite en argile<sup>48</sup>. Dans ces différentes couches qui le forment, aussi appelées *horizons*<sup>49</sup> (voir Fig. 22), il constitue l'habitat d'une nombreuse biodiversité, et donc d'innombrables organismes vivants : les micro-organismes, la microfaune, la mésofaune (ex : les acariens), la macrofaune (ex : les vers de terre), sans oublier les microalgues et les plantes, avec leur système racinaire. Cette biodiversité contribue au maintien d'une certaine qualité du sol et d'une porosité<sup>50</sup> qui permet le stockage, le recyclage et la transformation de matières organiques et minérales, des ressources indispensables pour les végétaux et d'autres organismes vivants ; en dépendent aussi le stockage, la circulation et la filtration de l'eau, permettant une régulation des cours d'eau, le remplissage des nappes phréatiques et la régulation des crues ainsi que la création d'un échange gazeux avec l'atmosphère et le stockage du carbone<sup>51</sup>. Le sol

48. « Définition et enjeux », AFES - Association Française pour l'Étude du Sol.

49. Apolline Auclerc, « Evaluer la qualité des sols: comment et pourquoi? », in Dautrey Jehanne, *Design et pensée du care: pour un design de microluttes et des singularités* (Dijon : Les presses du réel, 2018). p. 335.

50. Emmanuel Bourguignon, « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019.

51. « Définition et enjeux », AFES - Association Française pour l'Étude du Sol

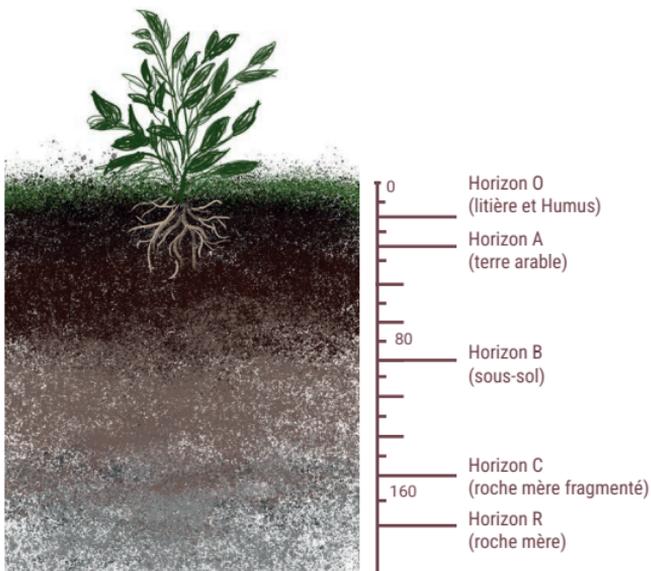


Fig. 22  
Schéma des différents horizons du sol

est ainsi un régulateur des échanges et des flux sur notre planète et il permet de réguler le climat<sup>52</sup>. Ses actions de filtration, de rétention et de dégradations des polluants et contaminants sont fondamentales pour notre survie sur Terre. C'est grâce au sol que les humains peuvent s'approvisionner d'aliments, de fibres et de combustibles ainsi que de matériaux<sup>53</sup>. Cette qualité de sols et services est possible grâce à la symbiose et à un travail interspécifique et mutualiste dans ce milieu qu'est le sol.

Les espèces qui constituent le sol, le façonnent, le font bouger et respirer font partie de cette masse terrestre. La biomasse et la terre se mélangent et s'influencent l'une l'autre pour devenir Terre. C'est bien grâce à l'activité des êtres vivants que le sol est tel qu'il est et il ne peut donc pas être considéré comme inerte. Il est bien vivant et c'est pour cela qu'il faut le protéger, le soigner et le prendre en compte. Son importance est même vitale et indispensable à la vie.

Les projets d'aménagements prennent déjà en compte l'air et l'eau. L'impact direct de ces derniers sur la santé humaine et notre qualité de vie est désormais reconnu ; c'est aussi pour cela qu'il existe des réglementations les concernant. Cependant il n'existe pas encore de politiques

52. Emmanuel Bourguignon, « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019.

53. Cosciences et Guillaume Bagnolini, *Un sol vivant, c'est quoi ?*, 2022.

de protection pour les sols ou de réglementations pour la qualité du sol, car notre lien avec celui-ci est encore trop indirect et méconnu. Pourtant, les êtres humains exercent constamment des pressions sur ces sols, majoritairement par la déforestation, la surexploitation et l'étalement urbain, l'imperméabilisation des sols, l'épandage de produits, pesticides et polluants, la compaction causée par des machines trop lourdes (notamment dans l'agriculture) et la construction d'infrastructures. Ces actions mènent à un sol en mauvaise santé et rendent difficile voire impossible l'hébergement d'une biodiversité abondante et fonctionnelle dans cet écosystème. « Le sol doit nécessairement être considéré comme vivant et donc être aménagé pour assurer la vie des organismes, par l'installation d'habitats et la fourniture de nourriture à la biodiversité des sols afin d'assurer la survie de l'homme lui-même sur le long terme »<sup>54</sup>. Nous faisons partie de ce même « écosystème sol »<sup>55</sup>, nous sommes donc bien entendu influencés par lui, mais nous l'influençons bien plus. Alors comment l'influencer positivement ?

La trame brune, arrivée après les trames vertes et bleu qui négligeaient les organismes du sol, sert à préserver la continuité écologique des

54. Apolline Auclerc, « Evaluer la qualité des sols: comment et pourquoi? », in Dautrey Jehanne, *Design et pensée du care: pour un design de microluttes et des singularités* (Dijon : Les presses du réel, 2018). p. 338.

55. Emmanuel Bourguignon, « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019.

sols et la survie des « écosystèmes sols », et leurs bons fonctionnements. Dans la création de cette trame il faut donc s'adapter aux sols plutôt qu'aux usages que nous, les humains, en faisons, comprendre et prendre en compte les rôles et besoins des petits organismes de cet écosystème.

Sol & Co est une start-up issue de l'université de Lorraine qui travaille sur la science du sol et l'aménagement du territoire à travers une diversité de métiers<sup>56</sup>. En effet, de nombreuses disciplines participent à l'étude des sols et, parmi ces professionnels, on trouve des agronomes, des pédologues, des écologues, des écotoxicologues et des géologues, qui travaillent ensemble. Sol&Co participe à de nombreuses initiatives et missions, entre autres pour favoriser la considération des sols dans les projets d'aménagement urbains et paysagers, et ainsi répondre aux enjeux de la transition écologique. Une de leurs spécialités est le conseil : après des diagnostics pédologiques, agronomiques et biologiques des sols, ils déterminent leurs états, leurs fonctionnements et leurs qualités pour ensuite faire des recommandations sur la gestion des milieux. Pour cela ils participent au projet de la *Trame-BioSol*, une trame brune qui consiste à connecter entre eux des espaces ouverts et disponibles dans la métropole du Grand Nancy, lancé en 2022, en partenariat avec l'association Flore 54,

56. « SOL & CO, sciences du sol et urbanisme », Sol & co.

à la suite d'un appel à projet de la région Grand Est en 2020<sup>57</sup>. Il a commencé par une étude des sols sur 12km dans quinze sites choisis de Villers-Lès-Nancy, Laxou, Vandœuvre-lès-Nancy et Ludres, en faisant des trous ou des fosses pédologiques afin d'effectuer des prélèvements, des analyses et un inventaire botanique et de microfaune <sup>58</sup>, pour une meilleure connaissance de l'environnement et de l'état de ses différents sols. Ces échantillonnages et observations du milieu ont été faits également avec la participation des habitants et de bénévoles. C'est une démarche de science participative qui permet aussi de sensibiliser les personnes à ces enjeux et milieux. Un inventaire des espèces a été fait pour évaluer la biodiversité de ces sites, puis l'analyse physico-chimique des sols pour comprendre de quelles matières et composants ils sont constitués. Ce projet permet donc d'approfondir nos connaissances sur les sols et leurs biodiversités, mais aussi de nous engager et de nous sentir responsables envers cette même biodiversité.

Ce projet avance également grâce à un outil développé en 2017 par Vincent Quentin de Sol & Co, Jeanne Le Peillet, dessinatrice et graphiste et Apolline Auclerc, docteure en écologie des sols, enseignante-chercheuse au Laboratoire Sols et Environnement à l'Université de Lorraine et co-fondatrice de Sol&Co.

57. « TrameBioSol », TrameBioSol.

58. « TameBioSol. Récapitulatif du projet », s. d.



Fig. 23  
Fausse pédologie pour la TrameBioSol, Fond d'Hardeval, Villers-lès-Nancy , 2021



Fig. 24  
Inventaires faunistique par observation, TrameBioSol , 2023



Fig. 25  
Comptage du nombre de vers de terre, TrameBioSol , 2023

Cet outil est l'application mobile *Jardibiodiv* disponible depuis 2020 qui recense, classe et cartographie la faune présente dans nos sols<sup>59</sup>. Cette application permet de manière participative de faire avancer la science des sols en évaluant les pressions sur la biodiversité des sols en milieu urbain ; elle contribue aussi à la sensibilisation envers les invertébrés du sol afin de mieux préserver cette biodiversité et de mieux la comprendre pour travailler avec et pour elle dans les espaces communs et privés. C'est une application ludique et simple d'usage qui nous incite à observer nos espaces verts tout d'abord en prêtant attention aux insectes que nous rencontrons, et en nous invitant à les décrire le mieux possible et à les photographier ; ensuite, il est possible d'indiquer la zone observée sur la cartographie présente sur l'application. Pour cela, il faut aussi observer et décrire le lieu. Les utilisateurs contribuent ainsi à un état des lieux des espèces présentes dans l'espace choisi. C'est une application très intéressante pour s'intéresser aux invertébrés et aux organismes présents dans nos sols qui sont trop souvent oubliés voir même détestés, alors qu'ils sont cruciaux pour le bon fonctionnement de nos sols. À travers cette application, toute personne intéressée a accès à des fiches descriptives des insectes et des animaux observés dans toute la France et peut ainsi contribuer à modifier la gestion de ces

59. Vincent Quentin, « *jardibiodiv* ».

lieux selon les besoins de leur biodiversité.

Prendre conscience de la biodiversité de nos espaces verts et de nos jardins publics nous donne aussi la possibilité d'agir sur ces espaces à notre propre échelle et contribuer à la trame brune de notre ville à travers la gestion de ces lieux. Nous pouvons individuellement agir sur la diversité des habitats pour favoriser la biodiversité, en faisant vivre cette faune et flore dans des lieux accueillants, qui leur conviennent, en prenant en compte les nutriments, la protection contre les aléas du climat (froid/ sécheresse) et contre les prédateurs dont ils ont besoin. La première chose consiste par exemple dans le fait de protéger le sol et de le recouvrir par des végétaux ou du paillage<sup>60</sup> pour que les animaux et autres organismes puissent s'abriter en dessous et limiter l'érosion du sol à cause de son assèchement car, au contraire d'un sol nu, l'eau y est retenue plus longtemps. Le paillage est une solution intéressante durant les périodes chaudes. Il est préférable qu'il soit constitué d'une diversité de matières organiques comme les feuilles, les branches et autres déchets organiques trouvés sur place ainsi que le compost fait à partir de nos déchets alimentaires. Cela crée une surface protectrice riche en nutriment pour la terre et ses organismes ainsi qu'un abri pour ceux-ci. Il est facile de créer d'autres habitats sans forcé-

60. Apolline Auclerc, « jardibiodiv - Conseils de gestion des jardins ».

ment placer des hôtels à insectes qui ne sont pas toujours adaptés à leurs besoins et préférences. Ils peuvent être fait simplement en laissant sur place des tas de branchages, de cailloux ou de feuilles, et des objets comme des tuiles ou des briques <sup>61</sup>; les organismes peuvent ensuite prendre possession de ces nouveaux espaces qui les accueillent et les protègent.

En plus des différents habitats il est important qu'il y ait une diversité de lieux de passages. Dans ces espaces verts maîtrisés par l'être humain, les lieux de passages, aussi appelés « corridors écologiques »<sup>62</sup> sont souvent fractionnés empêchant la faune d'accéder à d'autres habitats. Ce fractionnement empêche en outre la reproduction et la survie des organismes lorsque les saisons et le climat changent et entrave leur liberté de mouvement lors de l'arrivée de prédateurs, ou du réveil de ces derniers après la période d'hibernation. En ville, les limites et obstacles auxquels ils font face sont les murets en bétons, les routes et sentiers bitumés ou encore les allées minéralisées dans les parcs et jardins. Les espèces ont donc moins de possibilité de se croiser ; ces fractionnements cloisonnent les espèces et les fragilisent. Les réseaux trophiques sont ainsi rompus, en engendrant un déséquilibre écologique.

61. Apolline Auclerc, « jardibiodiv - Conseils de gestion des jardins ».

62. Film sur les corridors Biologiques, CEN Savoie, 2012.

Une des solutions consisterait dans le choix de matériaux qui n'imperméabilisent pas le sol et n'influent pas négativement sur sa porosité, ainsi que dans le fait de limiter ou éviter les chemins artificialisés, en préférant les chemins naturels, recouverts d'herbe par exemple, pour permettre la liberté de mouvement de ces organismes du sol.

# DES MATÉRIAUX NOURRICIERS POUR LE SOL



## LES REBUTS NATURELS : DES GODETS DE PLANTATION COMPOSTABLES

Le designer peut agir pour la biodiversité en élaborant des matériaux propices à la biodiversité par leurs propriétés physiques ou chimiques. Des matériaux sont notamment développés pour nourrir la biodiversité végétale aussi bien que celle du sol.

Le designer Samuel Tomatis travaille depuis son diplôme en 2016 à l'Ensci-Les Ateliers sur des matériaux faits à partir d'algues échouées sur les plages bretonnes. L'algue est bien le premier être vivant unicellulaire. Il existe plusieurs algues différentes, mais les algues marines les plus communes sont les algues vertes, brunes et rouges. En Bretagne plus de 40 000 tonnes d'algues vertes se déversent sur les plages pour diverses raisons comme l'élevage intensif, l'eutrophisation des eaux<sup>63</sup> et le dérèglement climatique<sup>64</sup>. C'est ainsi que Tomatis a commencé à travailler ce gisement abondant qui avait le statut de déchet pour le valoriser dans plusieurs territoires (Bretagne, Guadeloupe et Madagascar) et crée un biomatériau avec un faible impact énergétique dans ce contexte écolo-

63. « L'eutrophisation est une forme singulière mais naturelle de pollution de certains écosystèmes aquatiques qui se produit lorsque le milieu reçoit trop de matières nutritives assimilables par les algues et que celles-ci prolifèrent. ». Source : « CNRS/ sagascience - Les écosystèmes ».

64. « studio Samuel Tomatis | Alga ».

gique de raréfaction des matières premières. Ces recherches de nouveaux matériaux se trouvent à la frontière entre science et design. En effet, différents spécialistes ont travaillé sur ce projet comme des biologistes marins, le CNRS (Centre national de la recherche scientifique) ou encore des pêcheurs spécialisés dans la récolte des algues marines. Ce projet, nommé *Alga*, vise donc à transformer cette biomasse en différentes typologies de matériaux et d'objets et utilisé les algues dans un nouveau domaine, celui des bio-matériaux pour de multiples secteurs comme celui de l'horticulture.

Samuel Tomatis a développé en 2016, en partenariat avec l'INRAE (l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement), des *outils pour l'horticulture* et plus précisément des godets biodégradables fait à partir d'algues brunes appelées Fucus, riches en oligo-éléments et minéraux. Elles ont déjà été utilisées par le passé pour faire de l'engrais naturel, mais ici c'est pour la création d'un objet. Ces godets reprennent en fait cette même fonction : ils servent aussi bien de contenant que d'engrais pour les plantes.



Fig. 26  
Algue, matière première, Samuel Tomatis, 2016



Fig. 27  
Outils pour l'horticulture, Samuel Tomatis, 2016

Ainsi, pour réduire notamment l'impact de nos « déchets anthropocentriques »<sup>65</sup> et remplacer les pots en plastiques thermoformés utilisés en masse, ces godets sont éphémères et rentrent dans le cycle *cradle to cradle*, en français « du berceau au berceau ». C'est-à-dire une « philosophie de conception élaborée par l'architecte William McDonough tenant compte du cycle de vie d'un matériau ou produit et s'assurant que le produit est entièrement réutilisé ou recyclé à la fin de sa vie. <sup>66</sup>». Ces godets font partie d'une économie circulaire où la matière vient de la mer pour revenir à la terre en ayant un impact positif sur celle-ci après sa décomposition lors de son contact avec l'humidité des sols. Ainsi ils nourrissent le sol et les plantes et favorisent la biodiversité.

65. « Studio Samuel Tomatis | Alga ».

66. « Du Berceau au Berceau - 2 définitions - », in Encyclopédie.

## LES PROPRIÉTÉS DE LA CÉRAMIQUE POUR LA BIODIVERSITÉ DES SOLS

La céramique faite à partir d'argile naturellement présente dans nos sols, est un des premiers matériaux utilisés par l'être humain depuis la période néolithique pour des objets rituels ou domestiques. Ces objets sont régulièrement retrouvés lors de fouilles archéologiques et témoignent de la présence de l'humain. Les progrès des techniques céramiques reflètent les progrès d'une civilisation à une autre<sup>67</sup>.

Les céramistes et les potiers utilisent notamment l'argile pour fabriquer des contenant comme des pots pour abriter des plantes ou des arbres. La propriété poreuse de l'argile peut être modifiée par la cuisson de cette matière : à basse température pour une meilleure porosité tout en gardant une solidité, à haute température pour moins de porosité et une meilleure solidité ou encore sans cuisson simplement avec le séchage au soleil qui donne une matière poreuse mais peu solide.

Le végétal a besoin de vivre dans un milieu poreux pour s'épanouir car la porosité de ce matériau permet de faire circuler l'eau dont la plante a besoin. L'usage de ces pots se fait aussi bien en surface qu'enterrés. Cette technique a

67. Marcelle Brunet, Jeanne Giacomotti, André Pecker, « CÉRAMIQUE », in *Encyclopædia Universalis*.

été évoquée par l'agronome Fan Shenzhi lors de la dynastie des Han dans la Chine ancienne<sup>68</sup>. Pour irriguer les terres agricoles, les romains, il y a plus de 2000 ans, utilisaient notamment des oyas ou oillas, des jarres microporeuses cuites à basse température qu'ils enterraient dans la terre pour humidifier celle-ci. Cette pratique se répandra par la suite en Afrique et en Asie où cette technique fait partie des techniques traditionnelle d'arrosage et d'irrigation. La porosité des oyas permet d'arroser par capillarité, les plantes prennent ainsi la quantité d'eau dont elles ont besoin. Cet objet permet de diminuer considérablement la quantité d'eau utilisée pour arroser les cultures, c'est pour cela que cette pratique commence à revenir, notamment en France, pour répondre au réchauffement climatique et au manque d'eau et particulièrement l'été, pour arroser aussi bien des cultures que des parcs et jardins en milieu urbain (par exemple à Nancy et à Chauny).

On voit actuellement se développer un nouvel usage de la céramique pour créer des habitats protégeant et faisant prospérer la biodiversité. Lors du workshop annuel ACAW (Architecture Ceramic Assemblies Workshop), organisé par le Boston Valley Terra Cotta Workshop<sup>69</sup>, un programme de recherche et développement qui

68. Shih, Sheng-han, and Shêng-chih Fan, *"Fan Shêng-Chih Shu" : An Agriculturist Book of China*. Peking, Science Press, 1982.

69. « ACAW 2018 - Boston Valley Terra Cotta », 28 février 2018.

rassemble des designers, des ingénieurs et des architectes dans le but de trouver de nouvelles idées de conception, techniques et usages pour la terre cuite architecturale, qui s'inscrivent dans une conception bioclimatique<sup>70</sup>.

Lors du workshop mené en septembre 2021, deux entreprises —COOKFOX Architects et Buro Happold Engineering, ingénieurs de façade— ont collaborés sur le projet *Surfacade*. C'est une façade d'immeuble biophile, faite en quasi-totalité de céramique, de manière à filtrer la lumière et abriter une biodiversité.<sup>71</sup> Elle est constituée pour cela de plusieurs modules, des micro-habitats incorporés à la structure pour abriter aussi bien des plantes, des oiseaux et des insectes pollinisateurs. Cette structure alvéolaire et modulaire peut être reproduite à partir d'un moule, une des techniques les plus simples pour répéter à l'identique une forme, pour permettre une production à grande échelle. La structure de cette façade est faite en argile cuite à haute température pour permettre une grande résistance, et notamment la résistance aux cycles de gel-dégel. Les différents modules imbriqués dans cette structure sont cuits à basse température, ce qui offre une perméabilité à l'eau. Le module pour oiseaux est un abri pour ceux-ci. Le module qui

70. « On parle de conception bioclimatique lorsque l'architecture du projet est adaptée en fonction des caractéristiques et particularités du lieu d'implantation ». Source : « Les principes de base d'une conception bioclimatique », Bureau d'études thermiques RT2012.

71. « COOKFOX Architects/Buro Happold », BVTC Ceramics Symposium Event.



Fig. 28  
Surfacade, 2021

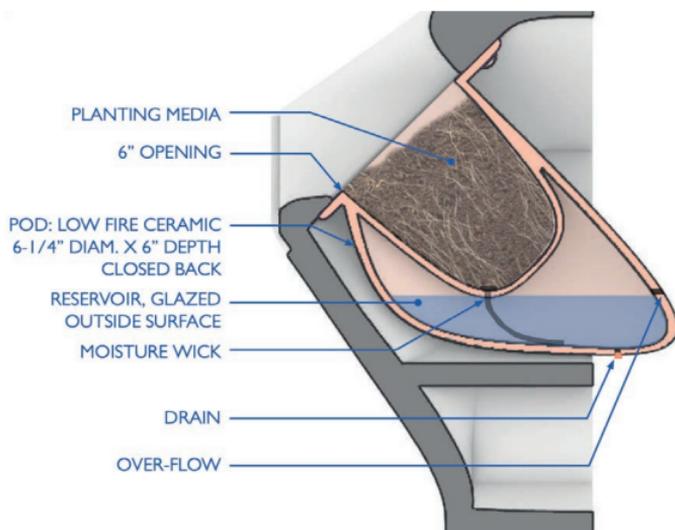


Fig. 29  
Schéma d'un module pour abriter les plantes, Surfacade, 2021

loge le végétal est une jardinière conçue pour récupérer l'eau de pluie, la stocker et arroser la plante. Tandis que le module pour insectes est composé de tubes de différentes tailles. Ayant été spécifiquement conçus pour ces trois typologies d'habitants, ces modules permettent de réellement comprendre leurs besoins et de les accueillir au mieux dans un espace protégé et accueillant pour créer un écosystème en pleine ville sur cette façade.

La céramique a ainsi des propriétés intéressantes pour abriter la biodiversité du sol (faune et flore). Urban Reef (en français « Récif Urbain ») est une agence de design basée aux Pays-Bas, qui a pour but de créer de nouveaux environnements propices à la biodiversité en utilisant des matériaux à base biologique à partir d'argile, mycélium, limons de rivière et coquillages<sup>72</sup>. Le projet *Reefs* est une série d'habitats « vivants » qui encouragent la croissance et la diversité des organismes qui peuplent les environnements urbains tels que les rues et les bâtiments pour obtenir une cohabitation entre êtres vivants. Urban Reef travaille sur des conceptions qui mélangent matériaux biologiques, matériaux poreux et impression 3D pour obtenir des formes complexes qui pourraient attirer des petits animaux (comme les vers de terre) et des micro-organismes à la recherche d'abris.

72. Urban Reef, « Urban Reef - Manifesto ».



Fig. 30  
Bio-based material and clay reef, Urban reef, 2022



Fig. 31  
Mycelium reef, Urban reef, 2023



Fig. 32  
Rain Reefs, Urban reef, 2022



Fig. 33  
Détail de Rain Reefs, Urban reef, 2022

Ces micro-structures sont reliées à des gouttières de bâtiments pour recueillir l'eau et maintenir l'humidité des *récifs*. Elles sont conçues de sorte à être bio-réceptives, c'est-à-dire à avoir la capacité d'être colonisé par des organismes vivants<sup>73</sup>, et à avoir plusieurs micro-climats. Elles interagissent avec la lumière, l'eau, les nutriments et les minéraux. Plusieurs prototypes ont été fait en variant les matériaux, les formes et les conditions pour obtenir un objet qui fasse prospérer au maximum la biodiversité en milieu urbain. La surface se fait envahir par une biodiversité végétale, des lichens, champignons, insectes et micro-organismes. Cela crée une relation de symbiose, et apparaissent de nouveaux écosystèmes qui évoluent avec le temps de manière libre et imprévisible en enrichissant la biodiversité de la zone choisie. Ils créent des espaces où les organismes naturels deviennent les concepteurs de paysages urbains faisant des écosystèmes qui peuvent croître, mourir et se régénérer de manière autonome. Ce projet permet ainsi de considérer un environnement urbain comme « monde multi-espèces »<sup>74</sup> et un design qui n'est plus centré uniquement sur l'humain mais sur tout le vivant.

73. « Bioreceptivity : a new concept for building ecology studies. ». Source : Guillitte, « Bioreceptivity : a new concept for building ecology studies », Science of The Total Environment, The Deterioration of Monuments, 167, no 1 (1 mai 1995). p.215-220.

74. Urban Reef, « Urban Reef - Manifesto »,

## LE POTENTIEL DES GÉOPOLYMÈRES

Plusieurs recherches de matériaux biologique (« bio-based materials ») émergent dans le milieu du design, notamment à partir de matériaux polymères.

Le géopolymère à base d'aluminosilicate alcalin est un matériaux polymère inorganique conçu dans les années 1970 par Joseph Davidovits, un professeur et scientifique français. Il utilise, à partir de 1978, le terme « géopolymère », formé par le préfixe « geo- » signifie en grec « terre », car ces matériaux imitent les minéraux naturels (par exemple, les argiles), et « polymère », du grec « plusieurs » ou « qui a de nombreuses parties ». Le géopolymère est produit par la réaction chimique entre des matières minérales, la silice et l'alumine et une solution aqueuse alcaline. Cela devient un matériau semi-cristallin ou amorphe (déterminé par sa structure ordonné ou désordonné). Ce matériau géopolymère a été conçu notamment pour remplacer le ciment, un matériau très polluant et difficile à recycler<sup>75</sup>. Ce matériau de construction fait récemment l'objet de recherches universitaires notamment dans le secteur du verre et de la céramique au niveau doctoral (par exemple, la thèse de Julie Payne,

75. Annalisa Natali Murri, « ceramic e cementi innovativi », s. d.

soutenue en septembre 2017<sup>76</sup> ainsi que la thèse de Baba Hassane Ahmed Hisseini, soutenue en juillet 2021<sup>77</sup>) et post-doctoral (comme le montre, par exemple, l'appel à projet de l'université de Picardie<sup>78</sup>). Les géopolymères céramiques, aussi appelé CBC (Chemically Bonded Ceramics) sont utilisés dans des conceptions thermo-structurales (notamment dans l'aviation), dans le bâtiment et la construction, dans la réparation d'objets anciens et dans le design durable, mais aussi dans la valorisation de déchets que nous verrons un peu plus tard. Les géopolymères sont composés de structures céramiques poreuses qui confèrent un large éventail d'applications. Ce sont des composants légers, isolants et pour lesquels nous pouvons introduire et contrôler la porosité. Ce matériau céramique a des propriétés mécaniques supérieures à celles des autres polymères et des métaux. Ces biomatériaux peuvent ainsi être utilisés pour filtrer les liquides, le gaz, les particules fines et peuvent avoir une grande capacité d'adsorption utile pour des processus tels que la filtration ou la purification. C'est aussi un matériau plus écologique, par rapport à la céramique, car il n'a

76. Julie Payne, « Etude de l'amélioration et de la revalorisation des matières premières argileuses utilisées dans les briques en terre cuite : de l'amélioration du procédé à la revalorisation des déchets » (These de doctorat, Limoges, 2017).

77. Baba Hassane Ahmed Hissein, « Traitement par alcali-activation et géopolymérisation de sols argileux : caractérisations physicochimique, géotechnique et environnementale » (These de doctorat, Paris, Université Paris-Est, 2021).

78. « Post - doctorat pour une étude r&d de 18 mois sur l'élaboration et la caractérisation de pâtes géopolym Saint-Quentin », Choisir le service public.

pas besoin de cuisson ; la température ambiante suffit pour que le matériau se forme chimiquement. Introduire de la porosité à un matériau modifie ses propriétés en diminuant sa densité et en augmentation de surface spécifique poreuse. Cela influe sur sa résistance à la corrosion et aux intempéries sur ses capacités de perméabilité aux fluides, de filtration, d'isolation thermique et acoustique, ainsi que sur la diminution de sa résistance mécanique. Un matériau poreux est un matériau contenant des pores (cavités, canaux, interstices). Ces structures cellulaires peuvent être obtenues en insérant dans la solution de polymère des « éléments sacrificiels »<sup>79</sup> qui, en se décomposant, créent des cavités dans la structure céramique. En variant la taille et le pourcentage de l'élément sacrificiel, les caractéristiques des composés poreux varient également.

Certains géopolymères contiennent des composants chimiques qui nourrissent les plantes, comme le potassium. Le géopolymère à base de potassium, est obtenu par le mélange d'une solution aqueuse alcaline de silicate de potassium et du métakaolin qui est un silicate d'alumine ; ce dernier est un produit amorphe issu de la combustion du kaolin, une roche composée principalement de kaolinite qui est un composant résistant au feu et à la chaleur. Ce mélange est

79. Annalisa Natali Murri, « ceramici e cementi innovativi », s. d.



Fig. 34  
Tests de géopolymère très poreux, Faenza, Italie, 2023



Fig. 35  
Echantillons de matériaux géopolymères, laine et kombucha, sélectionnés pour le Salon Satellite, Milan, 2023

le plus facile et le moins onéreux mais garde les mêmes propriétés. Ce géopolymère, aussi appelé « ciment écologique », peut avoir un impact positif sur la biodiversité du fait de sa composition. Le potassium est en effet indispensable pour la plante et il est habituellement absorbé depuis le sol à travers les racines des plantes.

Prolongeant les recherches sur les géopolymères à base de potassium dans le but d'agir pour la biodiversité, des expérimentations sont menées au sein de l'ISIA (Istituto Superiore per le Industrie Artistiche) de Faenza, Italie, une école supérieure de design spécialisée dans la céramique, par la professeure en matériaux innovants, Annalisa Natali Murri. Ces recherches se focalisent sur la possibilité de mélanger à ce géopolymère d'autres matériaux nutritifs. En effet, à partir d'une formulation très poreuse de géopolymère à base de potassium, des composites y sont ajoutés pour former des matériaux et des surfaces nutritives pour la biodiversité qui sera en contact avec celui-ci. Elle se nourrit par bio-assimilation du matériau, c'est à dire un « phénomène par lequel la (micro) faune et (ou) la (micro) flore, constituants élémentaires de la biomasse, utilise(nt) un matériau comme nutriment »<sup>80</sup>.

Ainsi ce géopolymère vient se mélanger avec des rebuts de laine pour concevoir un matériau nutritif pour la biodiversité. La laine est une

80. Guy César et Emmanuelle Gastaldi, « Biodégradation. Biodégradabilité. Polymères rapidement biodégradables », Techniques de l'Ingénieur, 2020.

matière organique qui sert d'engrais et confère au composite géopolymère une meilleure capacité d'isolation et d'absorption, et un maintien de l'eau idéal pour la végétation lors de périodes de sécheresses. La porosité de ce matériau est par ailleurs suffisamment importante pour pouvoir libérer de l'eau et les nutriments pour favoriser la biodiversité végétale. Cette matière favorise ainsi la croissance de la végétation, la résistance et la solidité du matériau, tout en valorisant les rebuts de laine.

Un autre matériau sur lequel Annalisa Natali Murri travaille est un géopolymère hybride toujours à base de potassium mais aussi de nanocellulose bactérienne de Kombucha. Il s'agit d'un matériau biologique, vivant, organique, à base de bactéries, obtenu par des processus de fermentation. Le kombucha se transforme en film à la surface de l'eau et peut ensuite être extrait et mélangé au géopolymère, ou placé en surface pour accompagner la plante à l'envahir et prolonger ainsi l'écosystème sur ce matériau. En effet, on peut ajouter des graines de plantes sélectionnées dans la membrane cellulosique du kombucha créant ainsi une symbiose entre bactéries et végétation.

Ces matériaux sont composés de matières premières minérales que l'on trouve également dans la terre et n'impactent pas le sol. Lorsque des nutriments sont ajoutés dans le mélange ou à sa surface, ils peuvent nourrir le sol.

Selon leur composition les composites géopolymères ont un faible impact carbone et sont

biodégradables voire compostable<sup>81</sup>. La différence entre la biodégradabilité et la compostabilité pour ces matériaux est que la première peut prendre jusqu'à trois ans et la seconde peut être très rapide, à peine de quelques heures. L'objet ou la structure formés par ces matériaux se décomposent, se dégradent rapidement dans un milieu biologique donné et retournent à la terre en s'intégrant à l'écosystème environnant. « La biodégradabilité des matériaux seule n'est pas suffisante. En effet, pour tirer profit de cette propriété, les matériaux doivent être en plus compostables. La compostabilité introduit la notion de délai et des conditions de température et d'humidité bien spécifiques à la biodégradation. Le produit obtenu ne doit pas émettre des produits visibles et toxiques pour l'environnement. »<sup>82</sup>.

Il y a à ce jour peu d'utilisation faites à partir de ces expérimentations mais on peut imaginer à terme que ces matériaux soient utilisés dans des actions visant à la préservation de la biodiversité, à travers des surfaces ou des abris accueillants et nourrissant la biodiversité végétale mais aussi la faune du sol, comme les invertébrés qui peuvent plus facilement se déplacer sur ces matériaux poreux.

81. Annalisa Natali Murri, « *ceramici e cementi innovativi* », s. d.

82. Michel Paquot, Holy Nadia Rabetafika, et Philippe Dubois, « Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique.



## CONCLUSION

Dans le contexte écologique actuel, il est impératif de repenser nos relations et nos manières de vivre avec les êtres vivants. Dans ce monde en tension, la biodiversité est au cœur de nos préoccupations.

Pour donner place à la biodiversité et la préserver nous savons maintenant qu'il est primordial que les espèces se rencontrent, interagissent et se déplacent librement, ce qui est possible aussi dans des milieux urbains grâce aux trames écologiques. La trame verte permet ainsi de laisser place aux végétaux et aux espèces qui l'entourent. Cependant, le sol n'est pas suffisamment pris en compte dans les projets d'aménagement et de végétalisation. Pourtant, la qualité du sol est fondamentale aussi pour le bien de la faune et de la flore en surface que pour la biodiversité qui s'abrite dans la profondeur des sols. En effet, nous avons observé que cette faune des sols et la végétation collaborent pour former un environnement propice à la diversité biologique.

Cette biodiversité, plus petite, silencieuse et mystérieuse, est trop souvent oubliée. C'est ainsi que nous avons vu l'importance du compostage pour contribuer à l'enrichissement des sols. Bien plus qu'une couche inerte, le sol est un écosystème vivant, en constante évolution. Il est très complexe et c'est pourquoi il faut le comprendre pour savoir son importance. C'est ainsi

que nous avons vu l'importance du compostage pour contribuer à l'enrichissement des sols. Nous avons également vu que pour agir positivement sur l'écosystème sol, nous devons mettre en place des trames brunes, des passages et des abris pour ces petites espèces qui font bouger et respirer le sol et nourrissent les plantes.

Différentes disciplines peuvent ainsi y contribuer. C'est en rassemblant des professionnels de différents milieux qui n'ont pas forcément l'habitude de travailler ensemble que nous parviendrons à une meilleure compréhension du sol, de son fonctionnement et de ses besoins. En tant que designer, il est important de collaborer avec des personnes d'autres disciplines et dans ce cas notamment des experts en biologie, en pédologie, etc. pour comprendre au mieux les milieux et leur composition. Nous avons vu que le designer peut agir en travaillant tant sur des matériaux traditionnels qu'innovants, censés impacter positivement notre terre, en prenant en compte les problématiques environnementales. La recherche sur le cycle de l'objet et de la matière, et leur fin de vie est primordiale, car l'objet a pour but de se décomposer dans la terre et influence ce biotope. Pour cela, le designer peut faire converger le travail des spécialistes des sols et des matériaux permet d'aller plus loin dans la conception de matériaux et d'objets pour le sol. Cela ouvre sur des recherches approfondies sur l'objet, son usage et son destinataire. Des objets et matériaux tels que la céramique et les algues, des matériaux bio-réceptifs et compos-

tables, qui sont maintenant en harmonie avec le vivant, pour l'abriter et le nourrir, pour un design qui considère tous les êtres vivants. Dans des écosystèmes ou des micro-écosystèmes qui évoluent dans le temps, disparaissent, se transforment et créent des écotones à petite échelle.

Enfin, ces pratiques donnent des pistes pour une nouvelle cohabitation avec la petite faune et flore, plus libre, spontanée et égalitaire. Il est aussi essentiel de faire appel aux communautés et habitants concernés pour qu'ils prennent conscience et qu'ils s'investissent dans une nouvelle relation avec ces écosystèmes auxquels nous appartenons.



# TABLE DES FIGURES, BIBLIOGRAPHIE, REMERCIEMENTS



## TABLE DES FIGURES :

Toutes les illustrations ont été faites par Helena Baesi

Fig. 1 à 5

Photos d'écotones, Rosières-aux-Salines, France, octobre 2023

Crédit photographique : Helena Baesi

Fig.6

*Bulle verte*, Jardins de Babylone, 2010

Crédit : Jardins de Babylone

Fig.7

*Bulle verte*, Jardins de Babylone, 2010

Crédit : Jardins de Babylone

Fig.8

*Mur végétal du musée du Quai Branly*, Patrick Blanc, 2004

Crédit : Patrick Blanc

Crédit photographique : musée du quai Branly – Jacques Chirac

Fig. 9

*Le Nouvel Kuala Lumpur*, Jean Nouvel, Patrick Blanc, Malaisie, 2016

Crédits : Jean Nouvel, Patrick Blanc

Fig. 10

*Bosco verticale*, Stefano Boeri, 2013

Crédit : Boeri Studio

Fig. 11

Photographie rapprochée du Bosco verticale, Stefano Boeri, 2013

Crédit : Boeri Studio

Fig. 12

*L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2000

Crédit : Maison Edouard François

Fig. 13

Détail d'une façade, *L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2000

Crédit : Maison Edouard François

Fig. 14

Détail d'une façade, *L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2023

Crédit photographique : Helena Baesi

Fig. 15

Détail d'un muret, *L'immeuble qui pousse*, Edouard François, 2023

Crédit photographique : Helena Baesi

Fig. 16

Photographie du District Valle Del Campestre, Mexique, 2017  
Crédit : Ecotono Urbano

Fig. 17

Image conceptuelle des intentions de projet, *Streetscape*, District Valle Del Campestre, Mexique, 2017

Crédit : Ecotono Urbano

Fig. 18

Image de la *Grande muraille verte*, 2018

Crédit : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Fig. 19

La ferme d'agriculture biologique de Souf, Sénégal

Crédit : Nathanael Charbonnier/ Radio France

Fig. 20

Potager pédagogique, ecotòno, école primaire de Asolo, Italie, 2023

Crédit : Ecotòno

Crédit photographique : Ecotòno

Fig. 21

Potager pédagogique et zone pédagogique , ecotòno, école primaire de Asolo, Italie, 2023

Crédit : Ecotòno

Crédit photographique : Ecotòno

Fig. 22

Schéma des différents horizons du sol

Crédit : Helena Baesi

Fig. 23

Fausse pédologique pour la TrameBioSol , Fond d'Hardeval, Villers-lès-Nancy , 2021

Crédit : Sol&Co, Flore 54

Fig. 24

Inventaires faunistique par observation, TrameBioSol , 2023

Crédit : Sol&Co, Flore 54

Fig. 25

Comptage du nombre de vers de terre, TrameBioSol , 2023

Crédit : Sol&Co, Flore 54

Fig. 26

Algue, matière première, Samuel Tomatis, 2016

Crédit photographique : Marin Avram, Matthieu Barani, Luc Bertrand, Matthieu Torres, studio Samuel Tomatis

Fig. 27

*Outils pour l'horticulture*, Samuel Tomatis, 2016

Crédit : Studio Samuel Tomatis

Crédit photographique : Marin Avram, Matthieu Barani, Luc Bertrand, Matthieu Torres, studio Samuel Tomatis

Fig. 28

*Surfacade*, 2021

Credit : COOKFOX Architects, Buro Happold

Crédit photographique : COOKFOX Architects & Buro Happold

Fig. 29

Schéma d'un module pour abriter les plantes, *Surfacade*, 2021

Credit : COOKFOX Architects, Buro Happold

Fig. 30

*bio-based material and clay reef*, Urban reef, 2022

Crédit : Urban Reef

Fig. 31

*mycelium reef*, Urban reef, 2023

Crédit : Urban Reef

Fig. 32

*Rain Reefs*, Urban reef, 2022

Crédit : Urban Reef

Fig. 33

Détail de *Rain Reefs*, Urban reef, 2022

Crédit : Urban Reef

Fig. 34

Tests de géopolymère très poreux, Faenza, Italie, 2023

Crédit : Helena Baesi, ISIA Faenza

Crédit photographique: Helena Baesi

Fig. 35

Échantillons de matériaux géopolymères, laine et kombucha, sélectionnés pour le Salon Satellite, Milan, 2023

Crédit : Helena Baesi, ISIA Faenza

Crédit photographique : Helena Baesi

## BIBLIOGRAPHIE

### OUVRAGES

Bailly, Émeline. *Biodiversité urbaine: pour une ville vivante*. Levallois-Perret: Éditions PC, 2019.

Carson, Rachel Louise. *Printemps silencieux*. Wildproject. Marseille: Wildproject, 2009.

Coccia Emanuele. *Métamorphoses*. Bibliothèque Rivages. Paris: Éditions Payot & Rivage, 2020.

Dautrely, Jehanne. *Design et pensée du care: pour un design de microluttes et des singularités*. Dijon: Les presses du réel, 2018.

Delannoy, Isabelle. *L'Économie symbiotique. Régénérer la planète, l'économie, la société*. Arles: Actes Sud, 2017.

Descola, Philippe. *Par delà nature et culture*. Paris: Gallimard, 2005.

Despret, Vinciane. *Fabriquer des mondes habitables*. Belgique: Esperluète édition, 2021.

DOTS. *Plant fever. Vers un design phyto-centré*. Belgique: CID-centre d'innovation et de design au Grand\_Hornu, Stichting Kunstboek bvba, 2021.

Morizot, Baptiste. *Les Diplomates. Cohabiter avec les loups sur une autre carte du vivant*. Marseille: Wildproject, 2016.

———. *L'inexploré*. Marseille: Wildproject, 2023.

Rencontres internationales de l'art et du design. *Faut pas pousser: design et végétal*. Reims: École supérieure d'art et de design, 2013.

Tsing, Anna Lowenhaupt. *Le champignon de la fin du monde: sur la possibilité de vivre dans les ruines du capitalisme*. Les empêcheurs de penser en rond. Paris: La Découverte, 2017.

———. *Proliférations*. Marseille: Wildproject, 2022.

## ARTICLES

Antkowiak, Tiffany. « Angers, Nantes et Strasbourg sont les villes les plus vertes de France - ». Édité par France Bleu. France Bleu Loire Océan , France Bleu, 15 mars 2017. Consulté le 23 octobre 2023. <https://www.francebleu.fr/infos/climat-environnement/angers-nantes-et-strasbourg-sont-les-villes-les-plus-vertes-de-france-1489590528>.

Auclerc, Apolline. « jardibiodiv - Conseils de gestion des jardins ». Consulté le 27 octobre 2023. <http://ephytia.inra.fr/fr/C/25197/jardibiodiv-Conseils-de-gestion-des-jardins>.

Aufay, Renan et Manuelle Rovillé. « CNRS/sagascience - Les écosystèmes ». Consulté le 24 octobre 2023. [https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv\\_chapA&zoom\\_id=zoom\\_a1\\_3](https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/dosbiodiv/index.php?pid=decouv_chapA&zoom_id=zoom_a1_3).

Caramel, Laurence « La Grande Muraille verte, mirage sahélien ». 10 septembre 2020. Consulté le 23 octobre 2023 [https://www.lemonde.fr/afrique/article/2020/09/10/la-grande-muraille-verte-mirage-sahelien\\_6051715\\_3212.html](https://www.lemonde.fr/afrique/article/2020/09/10/la-grande-muraille-verte-mirage-sahelien_6051715_3212.html).

César, Guy et Emmanuelle Gastaldi. « Biodégradation. Biodégradabilité. Polymères rapidement biodégradables ». Techniques de l'Ingénieur, 2020. Consulté le 24 octobre 2023. <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/chimie-du-vegetal-et-produits-biosources-42570210/polymeres-rapidement-biodegradables-bio4150/biodegradation-biodegradabilite-bio4150v2niv10001.html>

Goffner, Deborah. « La Grande Muraille Verte : un espoir pour reverdir le Sahel ? » In Encyclopédie de l'environnement, 14 janvier 2019. Consulté le 22 octobre 2023. <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/grande-muraille-verte-afrique-espoir-reverdir-sahel/>.

Guillitte, O. « Bioreceptivity: a new concept for building ecology studies ». *Science of The Total Environment, The Deterioration of Monuments*, 167, no 1 (1 mai 1995): 215-20. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04582-L](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04582-L).

Joyard, Jacques. « Répartition de la biomasse sur la planète ». In Encyclopédie de l'Environnement, 7 février 2023. Consulté le 27 octobre 2023. <https://www.encyclopedie-environnement.org/vivant/repartition-biomasse-planete/>.

Brunet Marcelle, Giacomotti Jeanne et Pecker André3. « CÉRAMIQUE ». In Encyclopædia Universalis. Consulté le 13 novembre 2023. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/ceramique/>.

Medri, Valentina. « Geopolimeri: "ceramiche" per uno sviluppo sostenibile ». *L'Industria dei Laterizi*, février 2009. Consulté le 4 novembre 2023. <https://core.ac.uk/download/pdf/37835916.pdf>.

Ministères Écologie Énergie Territoires. « Biodiversité : présentation et enjeux ». Consulté le 22 octobre 2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/biodiversite-presentation-et-informations-cles>.

Ministères Écologie Énergie Territoires. « Trame verte et bleue ». Consulté le 19 novembre 2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/trame-verte-et-bleue>.

Paquot, Michel, Holy, Nadia Rabetafika, et Dubois, Philippe. « Les polymères issus du végétal : matériaux à propriétés spécifiques pour des applications ciblées en industrie plastique ». Text. <https://popups.uliege.be/1780-4507>. Consulté le 2 novembre 2023. <https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=1035&format=print>.

Parmentier, Hervé. « Trames et continuité écologique ». *Géococonfluences*, octobre 2022. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/trames-et-continuite-ecologique>.

Poiret, Andréa, et Serge Bourgeat. « Image à la une. Les passages pour la faune, un moyen d'atténuer les effets de la fragmentation écologique ». *Géococonfluences*. École normale supérieure de Lyon, novembre 2021. ISSN : 2492-7775. Consulté le 24 octobre 2023. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/informations-scientifiques/a-la-une/image-a-la-une/passage-a-faune-fragmentation-ecologique>

Ugarte, Carolina, Léa Kervroëdan, et Michel-Pierre Faucon. « Des plantes pour protéger les sols du tassement et de l'érosion ». *The Conversation*, 12 avril 2023. Consulté le 25 octobre 2023. <http://theconversation.com/des-plantes-pour-protoger-les-sols-du-tassement-et-de-lerosion-197568>.

Vincent Quentin. « jardibiodiv ». Consulté le 19 novembre 2023. <https://ephytia.inra.fr/fr/P/165/jardibiodiv>.

## SITES WEBS

« ACAW 2018 - Boston Valley Terra Cotta », 28 février 2018. Consulté le 2 novembre 2023. <https://bostonvalley.com/events/acaw-2018/>.

AFD. « Une mosaïque de territoires verts au Niger ». Consulté le 19 octobre 2023. <https://www.afd.fr/fr/mosaique-territoires-verts-Niger>.

AFES. « Définition et enjeux ». AFES - Association Française pour l'Étude du Sol. Consulté le 27 octobre 2023. <https://www.afes.fr/les-sols/definition-et-enjeux/>.

Bureau d'études thermiques RT2012 en ligne. « Les principes de base d'une conception bioclimatique ». Consulté le 5 novembre 2023. <https://www.e-rt2012.fr/explications/conception/explication-architecture-bioclimatique/>.

BVTC Ceramics Symposium Event. « COOKFOX Architects/Buro Happold ». Consulté le 3 novembre 2023. <https://archceramicworkshop.com/cookfox-architects-buro-happold/>.

Choisir le service public. « Post - doctorat pour une étude r&d de 18 mois sur l'élaboration et la caractérisation de pâtes géopolym Saint-Quentin ». Consulté le 2 novembre 2023. <https://choisirleservicepublic.gouv.fr/offre-emploi/>.

CNR-ISSMC. « Geopolimeri da materie di riciclo ». Consulté le 19 novembre 2023. <https://www.issmc.cnr.it/ricerca/linee-di-ricerca/ambiente-edilizia-ed-patrimonio-culturale/geopolimeri-da-materie-di-riciclo/>.

« Définition de écotone | Dictionnaire français ». La langue française. Consulté le 16 novembre 2023. <https://www.lalanguefrancaise.com/dictionnaire/definition/ecotone>.

« Définition | Détritvire - Décomposeur - Putrivore | Futura Planète ». Futura. Consulté le 28 octobre 2023. <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/zoologie-de-tritvire-11446/>.

« Du Berceau au Berceau - 2 définitions - Encyclopédie.fr ». Consulté le 2 novembre 2023. [https://www.encyclopedie.fr/definition/Du\\_Berceau\\_au\\_Berceau](https://www.encyclopedie.fr/definition/Du_Berceau_au_Berceau).

« DVC Streetscape – Grain ». Consulté le 22 octobre 2023. <https://graincollective.com/portfolio/2016-dvc-streetscape/>.

« Ecosysteme aquatique : eutrophisation ». Consulté le 30 octobre 2023. <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/ecosys/eutrophisat.html>.

Ecotòno. « RIGENERAZIONE DEI SUOLI e COMPOSTAGGIO. La strategia scelta da Ecotòno con la Municipalità di Padova. » Consulté le 16 novembre 2023. <https://www.ecotono.eu/2023/06/25/rigenerazione-dei-suoli-e-compostaggio-la-strategia-scelta-da-ecotono-con-la-municipalita-di-padova/>.

« Ecotono Urbano Monterrey, DVC | Distrito Valle del Campestre ». Consulté le 16 novembre 2023. <https://www.ecotonourbano.com/distritovallecampestre.html>.

Géococonfluences. « Connectivité, connexité ». Terme. École normale supérieure de Lyon, mars 2013. ISSN : 2492-7775. Consulté le 23 octobre 2023. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/connectivite-connexite>.

---. « Écotone ». Terme. École normale supérieure de Lyon, juin 2022. ISSN : 2492-7775. Consulté le 23 octobre 2023. <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/ecotone>.

Grain Collective. « DVC Streetscape ». Consulté le 22 octobre 2023. <https://graincollective.com/portfolio/2016-dvc-streetscape/>.

Jardins de Babylone. « La bulle verte : 4 lieux symboliques de la capitale ». Consulté le 16 septembre 2023. <https://www.jardinsdebabylone.fr/realisations/design-vegetal/la-bulle-verte/>.

« Le plan nature – Nancy la ville – Ville de Nancy ». Consulté le 19 novembre 2023. <https://www.nancy.fr/nancy-la-ville/la-nature-dans-la-ville/le-plan-nature>.

« Le point sur la Loi Labbé et l'Arrêté lieux à usage collectif - Ecophyto PRO : réduire et améliorer l'utilisation des phytos ». Consulté le 19 novembre 2023. [https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/5/le\\_point\\_sur\\_la\\_loi\\_labbe/n:304](https://www.ecophyto-pro.fr/fiches/fiche/5/le_point_sur_la_loi_labbe/n:304).

Maison Edouard François. « Maison Edouard François ». Consulté le 20 octobre 2023. <https://www.edouardfrancois.com>.

« Qu'est ce qu'un réservoir de biodiversité ? » Consulté le 16 novembre 2023. <https://www.trameverteetbleue.fr/presentation-tvb/foire-aux-questions/qu-est-ce-qu-reservoir-biodiversite>.

« Rigenerazione dei suoli e compostaggio. La strategia scelta da Ecotòno con la Municipalità di Padova. » Consulté le 23 octobre 2023. <https://www.ecotono.eu/2023/06/25/rigenerazione-dei-suoli-e-compostaggio-la-strategia-scelta-da-ecotono-con-la-municipalita-di-padova>

Sol & Co et Flore 54. « TrameBioSol ». TrameBioSol. Consulté le 30 octobre 2023. <https://tramebiosol.fr/>.

« SOL &CO, sciences du sol et urbanisme ». Consulté le 16 novembre 2023. <https://sol-et-co.com/>.

Stefano Boeri Architetti. « Home ». Consulté le 23 octobre 2023. <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/>.

Stefano Boeri Architetti. « Projects ». Stefano Boeri Architetti (blog). Consulté le 19 novembre 2023. <https://www.stefano-boeriarchitetti.net/en/projects/>.

« studio Samuel Tomatis | Alga ». Consulté le 2 novembre 2023. <https://studiosamueltomatis.com/alga>.

« Une réglementation stricte pour maîtriser les risques des pesticides ». Ministère de la Santé et de la Prévention. Consulté le 11 novembre 2023. <https://sante.gouv.fr/sante-et-environnement/risques-microbiologiques-physiques-et-chimiques/pesticides/article/une-reglementation-strict-pour-maitriser-les-risques-des-pesticides>.

Urban Reef. « Cities are home to all forms of life, not just humans ». Consulté le 5 novembre 2023. <https://www.urbanreef.nl/>.

« Villes de France – Tableaux de l'Économie Française | Insee ». Consulté le 11 novembre 2023. <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1288319?sommaire=1288404>.

## CONFÉRENCES, VIDÉOS

Bruno Latour. *The notion of « Critical Zones » and the Redefinition of Territories*, 2015. <https://www.youtube.com/watch?v=QD3B5DR-x2E>.

CEN Savoie, *Film sur les corridors Biologiques*, 2012. [https://www.youtube.com/watch?v=eNXNRDcoPmw&embeds\\_referring\\_euri=https%3A%2F%2Fwww.trame-verteetbleue.fr%2F&source\\_ve\\_path=MjM4NTE&feature=emb\\_title&ab\\_channel=fr%3C%A9d%C3%A9ricBIAMINO&themeRefresh=1](https://www.youtube.com/watch?v=eNXNRDcoPmw&embeds_referring_euri=https%3A%2F%2Fwww.trame-verteetbleue.fr%2F&source_ve_path=MjM4NTE&feature=emb_title&ab_channel=fr%3C%A9d%C3%A9ricBIAMINO&themeRefresh=1).

Cosciences, et Guillaume Bagnolini. *Un sol vivant, c'est quoi ?*, 2022. [https://www.youtube.com/watch?v=J\\_uNI-b09lw](https://www.youtube.com/watch?v=J_uNI-b09lw).

Jean-Philippe Corbellini. DNV2022 - *faire la ville grâce aux sols vivants : « de l'îlot ouvert à l'îlot poreux »*. Nsa cvl - blois, 2022.

Nicolas Roesch (Zoepolis). *Design et... mondes vivants*. Campus Université Grenoble Alpes - Saint Martin d'Hères, 2023.

## PODCASTS

France Culture. « La grande muraille verte, clef de l'avenir de l'Afrique », 9 avril 2021. <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/grand-reportage/la-grande-muraille-verte-clef-de-l-avenir-de-l-afrique-5651872>.

## MÉMOIRES DE MASTER, THÈSES DE DOCTORAT

Baba Hassane, Ahmed Hissein. « Traitement par alcali-activation et géopolymérisation de sols argileux : caractérisations physicochimique, géotechnique et environnementale ». Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 2021. <https://www.offdocs.com/public/?v=ext&pdfurl=https://www.theses.fr/2021UEFL2004.pdf>.

Valorosi, Filippo. « Compositi lana-geopolimero: produzione e caratterizzazione ». Mémoire de master, Università di Bologna, 2015.

Méquinion, Fanny. « Assemblée vivante. Pour réconcilier ville, habitant et biodiversité urbaine ». Mémoire de master, École nationale supérieure d'art et de design de Nancy, 2023.

Peyne, Julie. « Étude de l'amélioration et de la revalorisation des matières premières argileuses utilisées dans les briques en terre cuite : de l'amélioration du procédé à la revalorisation des déchets ». Thèse de doctorat, Limoges, 2017. <https://www.theses.fr/2017LIMO0070>.

## DOCUMENTS

Annalisa Natali Murri. « Ceramiche e cementi innovativi », s. d.

Bourguignon, Emmanuel. « LE SOL : Un milieu dynamique à la biodiversité extraordinaire », 2019. <https://www.parcumorvan.org/wp-content/uploads/2019/12/2-e.bourguignon-sol-biodiversite.pdf>.

Dedieu, Margot, Mariane Grzebyk, et Callista Payet. « Formation trame brune et projet TrameBioSol », s. d.

Sol & Co. « TameBioSol. Récapitulatif du projet », s. d. <https://tramebiosol.fr/wp-content/uploads/2023/06/Power-Point-Presentation-Bilan-TrameBioSol-20-avril-2023.pdf>.

## LOIS

LOI n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire (1), 2020-105 § (2020). <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORF-TEXT000041553759/Es>



## REMERCIEMENTS

Je souhaite remercier toutes les personnes qui ont rendu ce mémoire possible.

Tout d'abord Jehanne Dautrey, ma directrice de mémoire, pour sa patience, ses conseils et son suivi.

Je souhaite remercier Catherine Geel et Loïc Horellou qui m'ont donné la possibilité de travailler exclusivement sur ce mémoire lors des dernières semaines d'écrit.

Merci à toutes les personnes que j'ai pu rencontrer durant ce mémoire, Marie-Noëlle Vaultier, Pierre Didierjean, Frédérique Paultz et Apolline Auclerc pour nos échanges très intéressants autour du végétal du sol et de ces problématiques.

Je voulais également remercier l'Isia Faenza de m'avoir aussi bien accueilli lors de mon échange et d'avoir enrichi mon savoir et mon opinion sur le design et le travail de designers.

Un grand merci à Constance Tahay pour tous ses encouragements et à Maëva Calvet pour son soutien et son aide précieuse pour la mise en page de ce mémoire.

Un immense merci à ma mère, Paola, qui m'a toujours soutenu, cru en moi et sans qui rien n'aurait été possible. Je la remercie également pour ses multiples relectures, ses corrections et ses encouragements quotidiens.

DESIGN ET BIODIVERSITÉ  
QUAND LE DESIGN S'INTÉRESSE AU SOL

Direction : Jehanne Dautreya

Rédaction, illustration et mise en page : Helena Baesi

Équipe – Option design

Papier : Fedrigoni 90g

Papier de couverture : Canson 160g

Caractères typographiques : BBB Baskervol

Roboto

Achevé d'imprimer à l'Ensad Nancy, par Dominique Henner, en novembre 2023

pour le compte de l'auteur auto-édité

Édité à 7 exemplaires

© Helena Baesi / Ensad Nancy



