
Rapport de stage individuel
5^{ème} année

Analyse des risques et enjeux en phase chantier d'espace public paysager

Plante & Cité
Maison du Végétal, 26 Rue Jean Dixmeras,
49000 Angers

Tutrice entreprise :

Sandrine LARRAMENDY

Chargée de mission "Approches intégrées Végétal-Paysage-Urbanisme"

Tuteur académique :

François ISSELIN

Maître de Conférences Ecologie

Jules LARGUET
IUT – 2023-2024

REMERCIEMENTS

Ce rapport représente l'aboutissement d'un cursus scolaire et universitaire. Il est l'occasion pour moi de prendre du recul sur les connaissances acquises et de visualiser le chemin parcouru. À ce titre, mes premiers remerciements iront pour ma famille.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Sandrine pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce stage et pour son accompagnement attentif tout au long de cette expérience. Je remercie également chaleureusement toute l'équipe de Plante & Cité pour leur bienveillance et la richesse de nos échanges. Enfin, je suis reconnaissant envers toutes les personnes qui m'ont accordé des entretiens et permis d'assister à des réunions de chantier, qui ont été des moments particulièrement enrichissants durant ce stage.

SOMMAIRE

1	PRÉSENTATION DU STAGE	10
1.1	STRUCTURE D'ACCUEIL	10
1.2	LA MISSION	10
1.3	DÉROULÉ DE LA MISSION	12
2	INTRODUCTION	13
3	ANALYSE DES RISQUES ET ENJEUX EN PHASE CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER : DE QUOI PARLE-T-ON ?	14
3.1	ESPACES PUBLICS PAYSAGERS : UN CONCEPT MOUVANT.....	14
3.2	LE CHANTIER URBAIN	15
3.2.1	Définition.....	15
3.2.2	Typologie des chantiers d'espace public paysager.....	18
3.2.3	Les étapes organisationnelles du chantier en lien avec des espaces publics paysagers 19	
3.2.4	Les acteurs qui l'organisent.....	21
3.3	CADRE SÉMANTIQUE : RISQUES, ENJEUX, ALÉAS, VULNÉRABILITÉ.....	23
4	MÉTHODOLOGIE D'ACQUISITION DE L'INFORMATION ET PRÉSENTATION DES SOURCES D'INFORMATION	24
4.1	RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES	24
4.2	ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS	24
4.2.1	La construction de la grille d'entretien	24
4.2.2	L'organisation des entretiens semi-directifs	24
4.2.3	Entretiens réalisés : présentation du corpus de personnes sollicitées	25
4.3	OBSERVATIONS DE CHANTIER.....	27
4.3.1	Méthodologie des observations.....	27
4.3.2	Observations réalisées	27

5	ANALYSE DES RISQUES ET ENJEUX EN PHASE CHANTIER D'ESPACES PUBLICS PAYSAGERS	29
5.1	PRÉSERVATION DE L'EXISTANT SUR L'EMPRISE CHANTIER ET SES ABORDS IMMÉDIATS	29
5.1.1	Les sols exposés sur l'emprise chantier.....	29
5.1.2	L'évaluation des risques pour la biodiversité exposée sur l'emprise chantier	41
5.2	VISION LARGE DES RISQUES DU CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER : L'EMPRISE DE SES FLUX (MATÉRIAUX, ÉNERGIE) ET LEURS IMPACTS POTENTIELS.....	52
5.2.1	Biodiversité ex-situ et chantiers d'espace public paysager.....	52
5.2.2	Le chantier comme vecteur de propagation du vivant	57
5.3	ENJEUX ET LIMITES DE LA PARTICIPATION DES HABITANTS DE L'ESPACE PUBLIC PAYSAGER.....	60
6	CONCLUSION.....	62
7	RETOUR RÉFLEXIF SUR L'EXPÉRIENCE	63
7.1	ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS PRODUITS	63
7.2	PROPOSITIONS DE PISTES DE CHANGEMENT.....	63
7.3	PROJECTION DANS UN MÉTIER.....	64
8	BIBLIOGRAPHIE.....	65
9	ANNEXES	69
9.1	TPOLOGIE & MATRICE DES ESPACES VERTS URBAINS SELON LEUR STATUT, FONCTIONS ET FOURNITURE POTENTIELLE DE SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ASSOCIÉS, TRADUIT ET MODIFIÉ D'APRÈS JONES ET AL., (2022)	69
9.2	CARTE MENTALE DES RISQUES EN PHASE CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER	75
	RÉSUMÉ/ABSTRACT	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Processus d'émergence de projets Plante & Cité (© Plante & Cité).....	11
Figure 2 : Schéma du déroulé de la mission (©J.LARGUET).....	12
Figure 3 : L'étape chantier/travaux (2.4) au sein du projet d'espace public paysager écologique continu (© Sandrine Larramendy, P&C).....	19
Figure 4 : Eléments de mission de maîtrise d'œuvre en projet de paysage (© MIQCP, 2022).....	20
Figure 5 : Schéma simplifié des relations entre acteurs dans le secteur du BTP (la configuration varie d'un chantier à l'autre) (©Valcin, 2023)	21
Figure 6 : Schéma simplifié des relations hiérarchiques au sein d'une équipe sur un chantier de BTP (©Valcin, 2023)	21
Figure 7 : Schéma de construction de l'indice de vulnérabilité au changement climatique du GIEC (GIEC, 2014).....	23
Figure 8 : Cassage de l'enrobé bitumineux sur la cour du collège François Rabelais à Angers (©J.LARGUET, 2024).....	27
Figure 9 : Modèle d'évaluation de la tendance à la dégradation de la structure du sol. Les flèches noires indiquent les relations entre les différents facteurs (propriétés du sol, conditions météorologiques/climatiques, humidité du sol et pratiques de gestion des terres) et les trois niveaux (susceptibilité, vulnérabilité et risque) de l'évaluation de la tendance à la dégradation structurelle des sols. Les flèches grises indiquent les relations entre les propriétés du sol, le climat/les conditions météorologiques et les pratiques de gestion des terres (les lignes pleines et pointillées représentent respectivement les rétroactions relativement rapides et lentes) (Hu et al., 2023).	30
Figure 10 : Excavations à la pelle mécanique des matériaux sous la couche d'enrobé. Réutilisation pour partie sur site dans un cas (A – chantier 4) et purge avec export dans un autre cas (B- chantier 3-B), purge et remblai d'une fosse avec de la terre décapée sur site pour un autre cas (C- chantier 3-A) (©J.LARGUET).....	33
Figure 11 : Vue sur l'échafaudage monté manuellement pour la réfection d'une façade et vue sur le parc adjacent - Chantier 2 19/06/2024 (©J.LARGUET)	33
Figure 12 : Zone de stockage temporaire de matériaux sur le chantier 1 à proximité du cours d'eau (© J.LARGUET, 2024) questionnant de la complexité (et l'utilité) d'aligner les actes sur les paroles tant cette zone semble idéale comme zone tampon pour les matériaux.	39
Figure 13 : Couvert végétal temporaire semé en future zone de plantation (© J.LARGUET)	40
Figure 14 : Dispositifs (en haut) ou absence (en bas) de protection de troncs d'arbres situés dans des espaces publics paysagers divers (©J.LARGUET, 2024)	46
Figure 15 : À la demande de la DPJP d'Angers, l'entreprise travaux a recouvert les racines apparentes des platanes de la promenade de Reculée avec du sable pour prévenir un éventuel dessèchement. (© J.LARGUET)	47
Figure 16 : Zonage des racines - vue de profil (© S. Larramendy, A. Meyer-Grandbastien - P&C)	48
Figure 17 : Carte stratégique du bruit autour du chantier 3.B, niveaux sonores moyens sur une journée en décibels (dB) (©AngersLoireMétropole).....	50
Figure 18 : Zone de stockage tampon de l'enrobé pour remplissage d'un camion vers une entreprise (©J.LARGUET, 2024).....	51
Figure 19 : Schéma d'illustration du concept d'Analyse en Cycle de Vie (ACV) (© https://www.asso-iceb.org/)	52

Figure 20 : Découpe de la dalle béton et réemploi en bac de culture dans le parc des Minoteries à Genève (© apaar_sàrl, 2024) 55

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Panorama polysémique du mot chantier par les réponses spontanées des enquêtés.....	15
Tableau 2 : Typologie des chantiers en lien avec des espaces publics plus ou moins centrés sur un projet d'espace vert (©J.LARGUET)	18
Tableau 3 : Corpus de personnes sollicitées	25
Tableau 4 : Observations in situ	27
Tableau 5 : Nomenclature des couvertures du sol considérées dans l'outil DESTISOL (©DESTISOL, 2017)	29
Tableau 6 : Actions potentielles (non exhaustives) sur site des sols en fonctions des différents types de chantier et illustrations (©J.LARGUET)	34
Tableau 7 : Opérations de chantiers en lien avec le sol sur site (©J.LARGUET)	35
Tableau 8 : Typologie EUNIS de niveau 2 et 3 (habitats artificialisés) du référentiel HabRef pour déterminer la potentialité écologique de chaque type d'habitat d'un site en chantier en établissant des liens habitats-espèces	42
Tableau 9 : Aide au calcul du rayon de protection de la zone très sensible et sensible d'après le modèle théorique de la méthode anglaise NJUG Guidelines for the Planning, Installation and Maintenance of Utility Apparatus in Proximity to Trees - Issue 2 : 16th November 2007 (© COPALME, CAUE77, Plante & Cité, 2020).....	48
Tableau 10 : Facilitateurs et obstacles à la récupération (traduit et adapté de Cooper & Gutowski, 2017)	55
Tableau 11 : Principales voies d'introduction liées directement ou indirectement à des chantiers urbains en lien avec les espaces publics paysagers, identifiées pour la France au regard de la typologie de la convention sur la diversité biologique, d'après un tableau de synthèse de l'OFB.....	59

Abréviations

ABC : Atlas de la Biodiversité Communaux

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

BPU : Bordereau de Prix Unitaires

CBN : Conservatoire Botanique National

CCAG : Cahiers des Clauses Administratives Générales

CDB : Convention sur la Diversité Biologique

CSPS : Coordonnateur Sécurité et Protection de la Santé

DQE : Dossier Quantitatif Estimatif

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DT-DICT : Déclaration de projet de Travaux – Déclaration d'Intention de Commencement des Travaux

EEE : Espèces Exotiques Envahissantes

EPP : Espace Public Paysager

ESH : Entreprises Sociales pour l'Habitat

EVEE : Espèces Végétales Exotiques Envahissantes

FFP : Fédération Française du Paysage

GES : Gaz à Effet de Serre

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GNT : Graves Non Traitées

IC : Investigations Complémentaires

ISDI : Installation de Stockage de Déchets Inertes

IV : Infrastructure Verte

MIQCP : Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques

MOA : Maître d'ouvrage

MOP : Maîtrise d'Ouvrage Publique

OPH : Offices Publics de l'Habitat

PIC : Plan d'Installation du Chantier

REP PMCB : Responsabilité Elargie des Producteurs pour les Produits et les Matériaux de Construction du secteur du Bâtiment

SE : Service Ecosystémique

SIS : Secteurs d'Information sur les Sols

SOGED : Schéma d'Organisation et de Gestion des Déchets

SPSC : Spécialiste de la Protection des Sols sur les Chantiers

TP : Travaux Publics

UNEP : Union Nationale des Entreprises du Paysage

VRD : Voiries et Réseaux Divers

ZPO : Zone de Protection Optimale

Glossaire

NB : Les mots en gras et en bleu dans le texte sont définis dans ce glossaire

Allochtone : Espèce exotique ou non-native ou exogène qui a été introduite par l'Homme, intentionnellement ou non, en dehors de son aire de distribution naturelle actuelle ou passée ou son aire de dispersion potentielle. Lorvelec *et al.*, (2006) considèrent que pour la France (entité géographique considérée), on peut qualifier d'autochtones les espèces présentes au début de l'Holocène (-9200 ans avant J.C) et donc d'allochtones celles absentes à ce moment et arrivées ensuite.

Anthropochorie : Dispersion (souvent involontaire) par l'homme de graines, spores ou d'autres matériaux reproductifs, ou d'animaux capables de se reproduire. Cela peut entraîner l'établissement de nouvelles populations dans des régions où elles ne sont pas naturellement présentes.

Arbre : Le concept d'arbre peut être défini comme « *une plante ligneuse ayant généralement une seule tige atteignant une hauteur d'au moins deux mètres, ou, si elle a plusieurs tiges, au moins une tige verticale de cinq centimètres de diamètre à la hauteur de la poitrine* » (Rivers, 2019).

Artificialisation : L'artificialisation est définie comme l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage (Légifrance, 2021a)

Autochtone : Espèce indigène ou native pour les espèces présentes dans leur aire de distribution naturelle ou dans leur aire de dispersion potentielle (c'est-à-dire qu'elle peut occuper sans intervention humaine).

Couverture du sol : Couverture physique (et biologique) de la surface des terres émergées.

Déchets : Toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire (Article L541-1 du Code de l'environnement, 2020).

Ecologie industrielle et territoriale : L'écologie territoriale « *fait des interactions entre sociétés et biosphère l'une des clefs de compréhension du fonctionnement des territoires, et de la comptabilité matérielle et énergétique une alternative à – et ad minima le complément indispensable de – la comptabilité monétaire et la monétarisation tous azimuts.* ». L'écologie territoriale vise notamment à caractériser les régimes socioécologiques locaux, dont l'expression est le métabolisme territorial, qui désigne l'ensemble des flux d'énergie et de matières mis en jeu par le fonctionnement d'un territoire donné. Le métabolisme est ici conçu comme le produit de l'entrelacement de processus naturels (ou physiques), incluant en particulier les cycles naturels tels ceux de l'eau, du carbone, de l'azote, etc., et de techniques issues des sociétés humaines (Barles, 2018).

Evaluation environnementale : Processus constitué de l'élaboration, par le maître d'ouvrage, d'un rapport d'évaluation des incidences sur l'environnement, dénommé ci-après "étude d'impact", de la réalisation des consultations prévues à la présente section, ainsi que de l'examen, par l'autorité compétente pour autoriser le projet, de l'ensemble des informations présentées dans l'étude d'impact et reçues dans le cadre des consultations effectuées et du maître d'ouvrage (Article L122-1 du code de l'environnement dans sa version en vigueur du 12/03/2023).

Habitat : Se dit d'un environnement particulier qui peut être distingué par ses facteurs abiotiques et ses caractéristiques biologiques, fonctionnant à des échelles spatiales et temporelles spécifiques mais dynamiques, dans un espace géographique reconnaissable (d'après les idées de Yapp, 1922).

Ilot de chaleur urbain : Le phénomène d'ilot de chaleur urbain (ICU) se définit comme étant la différence de température de l'air entre le centre d'une ville et la zone rurale voisine, entre le coucher et lever du soleil.

Inertes (déchets) : Tout déchet qui ne subit aucune modification physique, chimique ou biologique importante, qui ne se décompose pas, ne brûle pas, ne produit aucune réaction physique ou chimique, n'est pas biodégradable et ne détériore pas les matières avec lesquelles il entre en contact d'une manière susceptible d'entraîner

des atteintes à l'environnement ou à la santé humaine.

Infrastructures : Les infrastructures regroupent l'ensemble des voies de communication et de transport, matériels ou immatériels (routes, voies, canaux, câbles...), et des installations terminales telles que les aéroports, les ports, les gares. Elles organisent, structurent et irriguent l'espace. Mais leurs effets structurants sont inégaux : les conduites (gazoducs et oléoducs), par exemple, en ont peu. Les axes seuls, sans les pôles (ou nœuds) des réseaux, peuvent également être sans effet sur les territoires qu'ils traversent, par exemple dans le cas d'une LGV traversant un espace rural : on parle, dans ce cas, d'effet tunnel (Géoconfluences, 2023).

Invasive : Pour caractériser une espèce qui accroît constamment son aire de répartition on parle d'espèce « invasive » ou « exotique envahissante », le terme envahissant ayant une connotation moins négative et préjuge d'une origine allochtone.

Maître d'ouvrage : C'est le responsable principal de l'ouvrage, est l'acheteur pour le compte duquel les prestations objet du marché sont réalisées par le maître d'œuvre et les travaux objet de l'opération sont exécutés par les opérateurs économiques chargés des travaux.

Maître d'œuvre : Il transcrit techniquement les besoins

Ménage : Au sens statistique du terme, désigne l'ensemble des occupants d'un même logement sans que ces personnes soient nécessairement unies par des liens de parenté (en cas de colocation, par exemple). Un ménage peut être composé d'une seule personne (INSEE, 2020).

Mise en défens : La mise en défens ou la gestion de la fréquentation peuvent éviter différents impacts en phase chantier. La délimitation des zones à mettre en défens doit s'appuyer sur plusieurs diagnostics réalisés à l'échelle globale du site : - diagnostic écologique, réalisé par un écologue : localisation des enjeux de biodiversité : espaces à restaurer, espaces sensibles, populations sensibles au dérangement ; - diagnostic paysager : points d'attractivité, vues à préserver, à mettre en valeur ; - fréquentation et diagnostic sécurité : niveau de fréquentation,

comportement du public, axes majeurs de circulation, contraintes d'accès, localisation des parkings et accès, identification des risques (topographie, arbres sénescents, etc.). Ces diagnostics doivent permettre l'élaboration d'un plan global de circulation. Différents types d'aménagements peuvent être utilisés pour les mises en défens et la délimitation des axes de circulation d'éléments, ils peuvent être contraignants ou symboliques (UNEP et al., 2019).

Opération d'aménagement : Notion à entendre au sens de l'article L.300-1 et suivants du code de l'urbanisme. Si aucune définition théorique ne peut être donnée, il convient de noter qu'une ZAC constitue nécessairement une opération d'aménagement, tout comme un ensemble de constructions et travaux soumis à plusieurs autorisations (permis de construire ou permis d'aménager notamment) sans que pour autant le périmètre de l'autorisation ne corresponde nécessairement au périmètre du projet au sens de l'article L. 122-1 du code de l'environnement.

Projet : « la réalisation de travaux de construction, d'installations ou d'ouvrages, ou d'autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, y compris celles destinées à l'exploitation des ressources du sol », implique une appréhension globale de l'ensemble des incidences du projet (l'article L.122-1 du code de l'environnement)

Prolifération : Une espèce peut être dite proliférante si elle devient abondante qu'elle soit allochtone ou autochtone.

Recyclage : toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Par exemple : la cloison mobile en bois est broyée et traitée et la matière réutilisée dans la fabrication d'un autre composant (Article L541-1 du Code de l'environnement, 2020).

Réemploi : Opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés à nouveau pour un usage identique à celui pour lequel il avait été conçu (Article L541-1 du Code de l'environnement, 2020).

Réhabilitation : Rénovation de bâtiments sans destruction, en respectant leur caractère architectural et celui du quartier. Parfois, seule la façade est préservée alors que l'intérieur est

restructuré, contrairement à la restauration qui vise à revenir à l'état initial.

Renaturation : Actions visant à réduire l'impact humain sur un espace et à y réintroduire des éléments naturels. Cela inclut des activités comme la replantation, la remise en eau, ou la désimperméabilisation des sols. La renaturation peut varier selon les objectifs écologiques et la perception de la « nature ».

Rénovation : Reconstruction de nouveaux bâtiments après la destruction de l'existant. La rénovation peut modifier radicalement l'architecture et les plans précédents. Les politiques de rénovation urbaine visent à transformer des quartiers fragiles pour une meilleure intégration et diversification sociale.

Requalification urbaine : Changement de fonction ou de vocation d'un lieu en modifiant son activité ou sa forme. Cela va au-delà de simples modifications esthétiques ou économiques, impliquant des transformations significatives, comme la conversion d'une zone industrielle en quartier résidentiel.

Résilience (écosystème) : La résilience d'un écosystème décrit la capacité d'un écosystème à maintenir un état stable face à une perturbation, soit en résistant au changement, soit en se rétablissant rapidement des effets de la perturbation, évitant ainsi un changement de régime vers un autre état stable (Folke et al., 2004).

Restauration : Retour d'un bâtiment ou d'un quartier à son état d'origine, souvent appliqué à des sites ayant une grande valeur patrimoniale.

Réutilisation : Opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveaux (Article L541-1 du Code de l'environnement, 2020).

Sols scellés : Le groupe de travail sur l'imperméabilisation et les sols urbains de la commission européenne définit le scellement des sols comme leur séparation du reste de la pédosphère, de l'atmosphère, hydrosphère et biosphère, comme une perte de fonctionnalité et/ou une imperméabilité, due soit à un changement de la nature du sol, y compris par compaction, soit au recouvrement par un

matériau plus ou moins imperméable (Burghardt, 2006).

Terrain d'assiette : Il s'agit du terrain concerné par le projet, identifié par les parcelles cadastrales et pouvant être constitué de plusieurs unités foncières contiguës. Il convient de noter que, puisque l'unité de mesure du terrain d'assiette est la parcelle cadastrale, un terrain d'assiette ne peut être inférieur à la parcelle cadastrale d'implantation du projet.

Usage : La fonction ou la (ou les) activité(s) ayant cours ou envisagées pour un terrain ou un ensemble de terrains donnés, le sol de ces terrains ou les constructions et installations qui y sont implantées (Légifrance, 2021b).

(Re)Végétalisation : Etablissement, par n'importe quel moyen (soit par développement spontané de la végétation naturelle soit par action de gestion anthropique), de plantes sur un site (incluant les milieux terrestres, d'eau douce et salée), impliquant ou non des espèces autochtones ou locales (LE BERRE et al., 2024).

1 PRÉSENTATION DU STAGE

1.1 STRUCTURE D'ACCUEIL

Plante & Cité est un organisme national dédié à l'étude et à l'expérimentation des espaces verts, du paysage et de la nature en milieu urbain. En tant que centre technique, il joue un rôle dans le transfert des connaissances scientifiques vers les professionnels des entreprises et des collectivités territoriales. Cet organisme produit des ressources qui répondent aux besoins prioritaires des professionnels, tels que la mise en œuvre de pratiques de gestion écologique, l'économie d'eau, le choix de végétaux adaptés aux contraintes urbaines, la préservation de la biodiversité, ainsi que la compréhension des bienfaits du végétal sur la santé et le bien-être.

Créée à Angers en 2006, Plante & Cité est une association régie par la loi de 1901, née au sein du pôle de compétitivité Végépolys Valley. Elle a été fondée pour répondre à un besoin commun d'expérimentations et de mutualisation des pratiques professionnelles de gestion durable des espaces verts. Parrainée par l'Association des Maires de France, Plante & Cité est reconnue par les ministères de la Transition Écologique, de la Cohésion des Territoires et de l'Agriculture. Elle anime les sites Internet www.ecophyto-pro.fr et www.nature-en-ville.com.

L'association bénéficie du soutien de l'Interprofession française de l'horticulture, de la fleuristerie et du paysage (VALHOR), d'Angers Loire Métropole et du Conseil Régional des Pays de la Loire.

Ses missions :

- Conduire des études et des projets de recherche pour répondre aux besoins du terrain et fournir une expertise technique.
- Produire des connaissances et diffuser des ressources scientifiques et techniques pour aider les collectivités et les professionnels à faire évoluer leurs pratiques d'aménagement, de conception et de gestion afin de répondre aux grands enjeux de la nature en ville.
- Partager et mutualiser des réalisations innovantes au sein d'un réseau d'acteurs de la nature en ville, comprenant des collectivités territoriales, des entreprises du paysage, ainsi que des centres de recherche et de formation.

Plante & Cité est structurée autour d'un bureau, d'un conseil d'administration, d'une assemblée générale et d'un conseil scientifique, garantissant ainsi une gouvernance inclusive et experte.

1.2 LA MISSION

Chaque année, chaque chargé de missions de Plante & Cité organise un groupe de travail sur sa thématique (économie et management, végétal paysage et urbanisme...). L'objectif est de réunir des adhérents volontaires pour faire émerger des sujets de travail qui répondent à des besoins et attentes des professionnels. La priorisation de ces attentes des professionnels se fait ensuite par le comité de pilotage technique. Ensuite, c'est le conseil scientifique qui apporte un regard en termes de besoins de production de connaissances et un fournit un conseil méthodologique (Figure 1). Enfin, les projets sont soumis à validation du conseil d'administration pour répondre de manière appropriée au besoin : étude, expérimentation, observatoire, recherche appliquée...

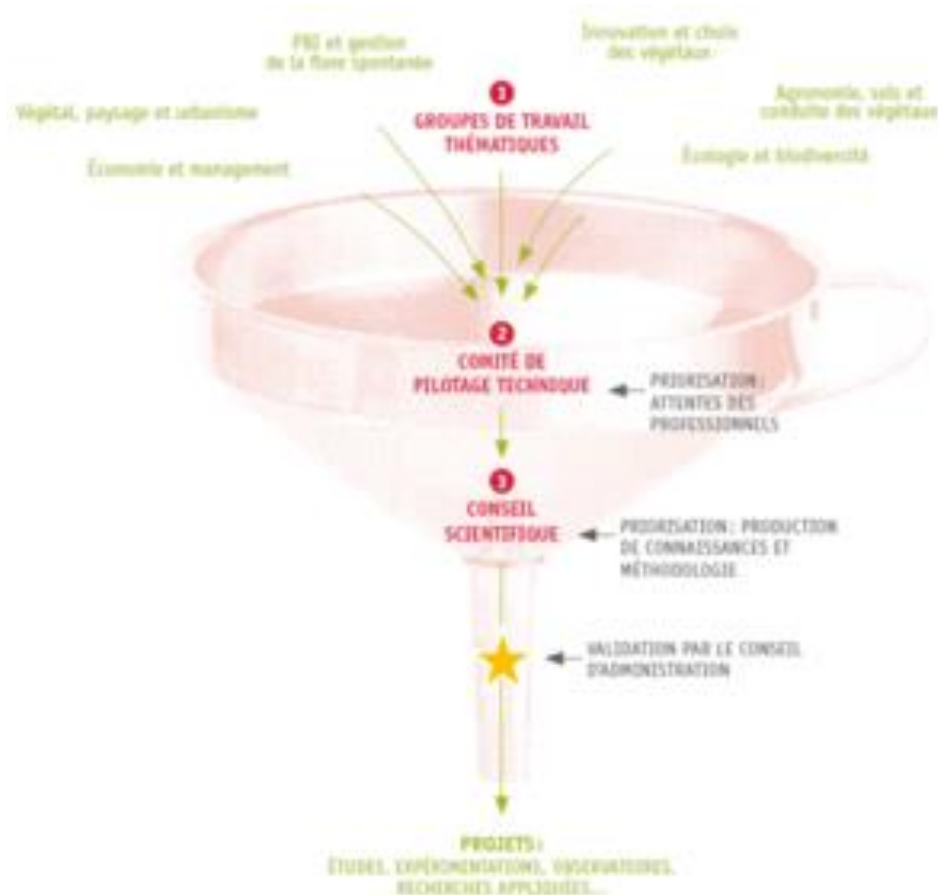


Figure 1 : Processus d'émergence de projets Plante & Cité (© Plante & Cité)

Le programme d'étude Ecochantier est donc né d'un groupe de travail mené à l'été 2023. Bien qu'une partie soit consacrée à cette phase chantier dans le guide de conception écologique d'un espace public paysager (Larramendy, 2023), l'atelier a mis en évidence le besoin de venir préciser cette dernière. Il a également été l'occasion de réaliser un premier exercice d'émergence sur l'étape chantier via un partage d'exemples inspirants, des besoins et des difficultés rencontrées. Il a donc été lancé le programme d'étude Ecochantier, financé par le Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires et VALHOR, devant s'étendre de mars 2024 à 2026. Son plan d'actions se constitue en 3 phases. Dans un premier temps, en 2024, il s'agit de construire des partenariats et de réaliser des entretiens ciblés avec différents acteurs de l'aménagement venant alimenter dans un même temps des recherches bibliographiques. La fin de cette phase va amener à la construction du comité de pilotage de l'étude. S'étalant de 2024 à 2025, la seconde phase consiste en l'identification et l'analyse d'initiatives inspirantes et de références documentaires via notamment un appel à signalement au sein des réseaux Plante & Cité, Fédération Française du Paysage (FFP), Union Nationale des Entreprises du Paysage (UNEP), Hortis..., et d'un benchmark de ressources et d'expériences respectueuses des sols, de la faune et de la flore, sobres en matériaux... Ce stage de fin d'études s'inclue dans le démarrage de la première phase jusqu'au début de la préparation de l'appel à signalement.

Enfin la période 2025-2026 visera l'écriture de recommandations opérationnelles via la préparation et la réalisation d'ateliers interprofessionnels thématiques pour partager les difficultés de terrain et faire émerger collectivement des recommandations (entreprises Paysage – Voiries et Réseaux Divers (VRD) – Travaux Publics (TP), paysagistes concepteurs...), la sélection des exemples inspirants et documents à valoriser et l'élaboration des livrables. Concernant ces derniers, il est prévu un guide « Chantiers » complémentaire aux guides « Conception écologique » et « Référentiel de gestion écologique des espaces verts EcoJardin », en reprenant les grands domaines d'actions : Planification, Sols, Eau, Faune-Flore,

Matériaux et engins, Publics. A cela s'ajoute l'intégration d'une sélection de documents inspirants au centre de ressources www.nature-en-ville.com ainsi qu'un cycle de valorisation (webinaire, journée technique). La portée de ces livrables pourra concerner aussi bien les Cahier des Charges Techniques et Professionnelles (CCTP) que la charte chantier vert.

1.3 DÉROULÉ DE LA MISSION

Le projet étant dans sa phase d'émergence, la mission consiste à mener un panorama des risques et enjeux en phase chantier d'espace public paysager. Le déroulé consiste à mener conjointement des recherches bibliographiques approfondies, des entretiens avec une diversité d'acteurs impliqués dans les chantiers d'espaces publics paysagers, et des observations directes sur le terrain (Figure 2). Cette première phase, essentiellement qualitative et empirico-inductive, vise à identifier les sujets prioritaires afin de pouvoir approfondir ultérieurement les sujets les plus pertinents grâce à des enquêtes ciblées au sein du réseau Plante & Cité.

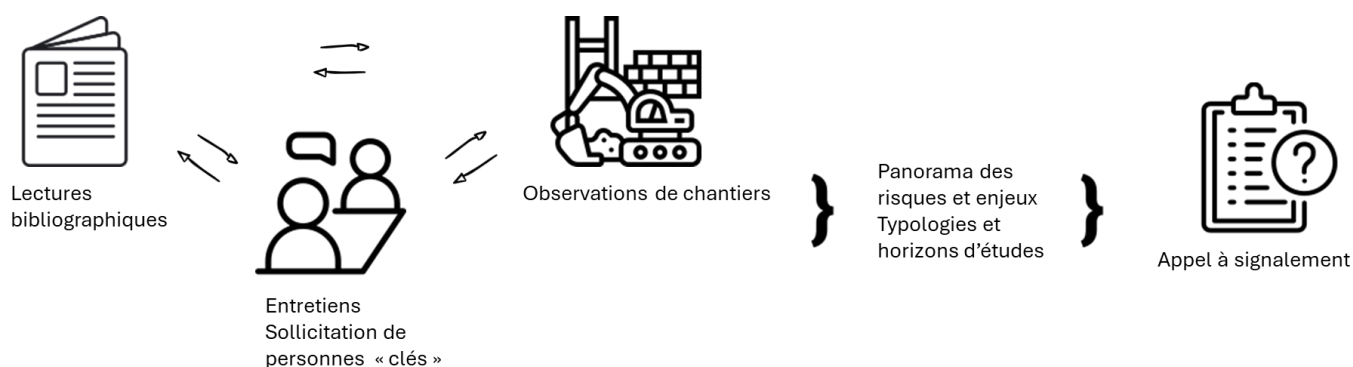


Figure 2 : Schéma du déroulé de la mission (©J.LARGUET)

Le stage donne lieu aux livrables suivants :

- **Un recueil d'entretiens retranscrits**
- **Un panorama des risques et enjeux à l'étape chantier d'espace public paysager**

2 INTRODUCTION

Depuis 1840, la population française a doublé, tandis que l'espace occupé par nos constructions a été multiplié par neuf. Aujourd'hui, trois personnes sur dix habitent sur le territoire de l'une des 22 métropoles administratives. À l'échelle mondiale, les villes consomment les deux tiers de l'énergie et émettent 70 % du CO₂ (Bihouix et al., 2022). La quantité de matières et d'énergie métabolisées ne cessent d'augmenter, ce qui pose la question de la disponibilité dans le temps des ressources. L'Homme a particulièrement transformé sa niche écologique, si bien que les vagues de chaleur, de plus en plus fréquentes et intenses avec les changements climatiques, et le phénomène d'**îlot de chaleur urbain** font peser un risque de stress thermique pour la santé des habitants de certains espaces urbains (Anderson & Bell, 2011; IPCC, 2023). Face à ces problématiques, plus que jamais, les services rendus par le patrimoine arboré et plus largement, les espaces publics paysagers, espaces végétalisés, désimperméabilisés, sont précieux. De nombreuses politiques d'adaptation émergent ainsi, visant à davantage de gestion intégrée des eaux pluviales et de place pour le végétal en ville, de même que d'autres dynamiques visent à densifier ou réhabiliter l'existant. La stratégie des élites américaines et des cadres de compagnies pétrolières comme Exxon, conscientes du problème du réchauffement dans les années 70-80 résume cette stratégie que l'on voit toujours aujourd'hui avec la politique d'adaptation couplée au techno-solutionnisme (Fressoz, 2024) :

« Nous pouvons :

- Soit adapter notre civilisation à une planète plus chaude
- Soit éviter le problème en réduisant drastiquement l'utilisation des combustibles fossiles.

Le consensus général est que la société a suffisamment de temps pour s'adapter technologiquement à l'effet de serre »¹

Le chantier d'espace public paysager, dispositif de production à l'intersection entre ces dynamiques, reflète cette difficulté de la conciliation des diverses injonctions. En effet, un chantier peut être motivé par une finalité affichée comme « écologique » comme l'adaptation au changement climatique, la diminution de la consommation énergétique en réhabilitant l'isolation des bâtiments, mais quand est-il des moyens du chantier en tant que dispositif de production ? En effet, l'écologisation des pratiques du chantier peut également être perçu comme une fin en soi, pour « diminuer la cause du problème » si l'on cherche notamment à réduire ses émissions de CO₂, de polluants atmosphériques, l'impact sur les arbres existants, où la part de matières premières pour les matériaux de construction etc.... Cet environnementalisme des chantiers n'est pas nouveau, comme en témoignent les préoccupations autour des déchets, de la qualité de l'air, de la qualité sonore, de la biodiversité, de la santé des travailleurs, de la consommation de carburant ou encore autour du risque de pollution chimique pendant les travaux. Diverses initiatives, telles que les chartes chantier vert, chantier propre, chantier à faibles nuisances ou chantier bas carbone, montrent cette ambition sans pour autant démontrer l'efficacité et l'utilité autre qu'une valeur ajoutée « écologique ».

Au travers de ce stage, une enquête qualitative via des entretiens avec des acteurs de l'aménagement d'espaces publics paysagers, des observations de chantiers et des lectures bibliographiques, ont nourri une démarche inductive afin d'établir un panorama des risques et enjeux à l'étape chantier d'espaces publics paysagers.

¹ <https://www.climatefiles.com/exxonmobil/1984-exxon-presentation-on-co2-greenhouse-and-climate-issues/>

3 ANALYSE DES RISQUES ET ENJEUX EN PHASE CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER : DE QUOI PARLE-T-ON ?

3.1 ESPACES PUBLICS PAYSAGERS : UN CONCEPT MOUVANT

La conscience de la valeur du végétal en ville n'est pas chose nouvelle. Depuis le XIXe siècle, la prise en compte des espaces verts urbains a évolué de manière contrastée. La révolution industrielle a suscité des préoccupations hygiénistes, incitant une génération de penseurs à se concentrer sur la contribution des espaces végétalisés à l'amélioration de la qualité de vie urbaine. Cette évolution a également été influencée par les idéologies (progressiste, culturaliste, écologiste, etc.) et le contexte environnemental changeant. Mehdi *et al.*, (2012) décrivent l'avènement de trois grandes périodes qui se distinguent : l'urbanisme fonctionnaliste, l'urbanisme durable et l'émergence de l'urbanisme écologique. Ces tendances ont introduit de nouveaux modes de gestion (de la gestion horticole à la gestion écologique intégrée) et des types spécifiques d'espaces verts (des jardins privés aux corridors écologiques et réserves de biodiversité urbaines). Aujourd'hui, les politiques urbaines attribuent aux espaces végétalisés des fonctions et des formes variées, allant d'une « nature artificialisée » à forte valeur esthétique à une « nature sauvage » à forte valeur écologique. Lotfi *et al.*, (2012) expliquent que l'expression « espace vert » fait ses premières apparitions dans les textes juridiques au début des années 1960, plus précisément, dans le décret n° 1298 du 30 novembre 1961 portant règlement national d'urbanisme. L'espace vert peut être défini comme rassemblant « *les espaces non bâtis, végétalisés, gérés par le service des espaces verts d'une commune et ouverts au public* » (Lotfi, 2010). Le terme d'espace public paysager (EPP), qui est utilisé dans le présent document, désigne un espace public ou privé en zone urbanisée, avec **usage** collectif, où le végétal est présent. Ils peuvent présenter une grande diversité de formes, tailles, d'usages, de fonctions écologiques etc... Ainsi, le terme d'espace public paysager (Larramendy, 2023) qualifie un espace plus vaste que le « domaine public » (MIQCP, 2022) qui désigne quant à lui des lieux qui :

- appartiennent à une collectivité/personne publique : État, commune, département, région, et aussi établissement public tel que les universités, hôpitaux, offices publics de l'habitat (OPH), etc.
- sont affectés directement à l'usage du public ou à un service public ;
- sont aménagés spécialement à cet effet.

L'utilisation du terme d'« infrastructure verte » (IV) est également récurrente aujourd'hui dans les politiques de planification notamment à l'échelle européenne avec la stratégie de la commission européenne d'infrastructure verte, et fait l'objet d'une attention particulière dans la sphère scientifique. Elle porterait deux idées centrales : la connectivité et la multifonctionnalité. La commission européenne définit les infrastructures vertes comme : « *un réseau stratégiquement planifié de zones naturelles et semi-naturelles avec d'autres caractéristiques environnementales conçues et gérées pour fournir une large gamme de services écosystémiques. Elle comprend des espaces verts (ou bleus s'il s'agit d'écosystèmes aquatiques) et d'autres caractéristiques physiques dans les zones terrestres (y compris côtières) et marines. Sur terre, l'infrastructure verte est présente dans les zones rurales et urbaines* » (Commission Européenne, 2019). Jones *et al.*, (2022) ont ainsi élaboré une matrice illustrant la fourniture potentielle de divers services écosystémiques (SE) clés dans les zones urbaines, en relation avec toutes les composantes de la typologie d'infrastructures vertes (§9.1). Ces services écosystémiques englobent une variété de services d'approvisionnement (nourriture), de services de régulation (comme le maintien des stocks de carbone, l'atténuation de la mauvaise qualité de l'air, du bruit, de la chaleur, de la qualité de l'eau, des inondations) et de services culturels contribuant au bien-être physique et mental (opportunités de santé physique, d'interaction sociale, de rétablissement des capacités), ainsi que le potentiel de soutien à la biodiversité (Jones *et al.*, 2022).

3.2 LE CHANTIER URBAIN

3.2.1 DÉFINITION

Le terme "chantier" possède plusieurs significations. Pour les architectes, il est souvent associé à la "phase chantier", c'est-à-dire la période de construction. Cependant, ce n'est pas sa signification première ni son origine étymologique. Au XII^e siècle, il désignait une "pièce de bois, étais", et son sens initial était donc celui de support : "*Madrier sur lequel on pose les tonneaux ; pièce servant de support à quelque chose que l'on façonne*". Le chantier comme lieu de travail serait resté jusqu'à désigner globalement l'action ou le mouvement, l'acte de commencer un travail (mettre en chantier). De plus, un chantier peut aussi être associé au stockage de matériaux ou, dans le langage familier renvoyer au désordre. Espaces provisoires par définition, on conçoit habituellement les chantiers comme des espaces en devenir ou des « dispositifs éphémères de production » (Valcin, 2023). La polysémie du mot chantier se retrouve également parmi les acteurs du chantier d'espaces publics paysagers enquêtés (Tableau 1). Dans le cadre de la mission du stage, différents entretiens (n=13) ont été menés et retranscrits.

Tableau 1 : Panorama polysémique du mot chantier par les réponses spontanées des enquêtés

Interviewé (ID)/Lecture (Source)	Citation	Mots clés
Piveteau, V. (2017). Le chantier. Actes sud ; École nationale supérieure de paysage.	« <i>Le chantier est une crise, un tumulte du monde, un état intermédiaire des choses, lorsqu'elles semblent se déliter pour se refabriquer autrement. Mais au-dessus du désordre apparent du chantier, plane un projet.</i> »	Désordre, mouvement
A. Paysagiste-concepteur DPLG en libéral	« <i>C'est tenir compte au maximum de l'existant pour transformer l'espace et l'améliorer grandement dans ses fonctions et dans son intégration et dans son esthétisme</i> »	Transformer, améliorer, fonctions, intégrations, esthétisme, existant
B. Paysagiste-concepteur DPLG, chargé de projet dans une association	« <i>Pour moi, le chantier, c'est le moment de la satisfaction d'un truc qui se fabrique sous tes yeux. Parce que tu vois les phases d'études et concours compris, des fois il peut se passer un an, un an et demi avant que le chantier se mette en route. Donc ça veut dire que c'est un an de cogitation, de ton imaginaire qui marche à fond. Où tu commences un peu à dessiner des détails sur AutoCAD. Et tout d'un coup tu vois le truc se fabriquer. Et en même temps ça te dépasse un petit peu. Parce que c'est pas toi qui le fabrique. Tu vois on n'est pas entrepreneur du paysage, on est paysagiste. Donc on est concepteur. [...] Le chantier, effectivement, c'est un moment un peu où il y a un joli bordel quand même. C'est pas facile. Toutes les interfaces entre spécialités, entre disciplines, c'est super dur à manager. Ça, c'est un peu douloureux. [...] Le chantier, c'est aussi la découverte de nouveaux matériaux, de nouvelles essences d'arbre. Donc c'est aussi des moments où tu t'améliores sur des trucs</i>	Moment, satisfaction, modeler, joli bordel, amélioration permanente, spontanéité, prise de décision

	<i>que tu connaissais pas avant, sur des techniques de plantation auxquelles tu t'attendais pas parce que ton projet a pris du retard et tu plantes en dehors des saisons habituelles. [...] Et plus tu fais des chantiers, plus tu t'améliores. Et moi, j'aimais bien ce truc-là, ce truc un peu d'apprendre en permanence en fait et de désapprendre tout le temps. [...] Mais qu'est-ce que c'est le chantier pour moi ? Je sais pas, je trouve que c'est... C'était aussi un moment où on n'était pas assis dans notre bureau. J'associe vraiment un moment où on est dehors. On fabrique les choses un peu en live. Et où il y a ton instinct aussi qui doit prendre le dessus parce que si tu l'utilises pas en fait, t'es toujours coincé et que t'es comme une andouille à appeler ton directeur pour lui demander si c'est une bonne solution. En fait non, il faut que tu répondes tout de suite parce que les entreprises, elles sont en train de travailler. Donc il y a quelque chose d'un peu tendu là, tu vois. Tu travailles en flux tendu là. C'est pas du tout comme quand t'es devant ton ordi où t'as le temps de redessiner un détail dix fois. C'est pas du tout ça là. Là, il faut y aller quoi. »</i>	
C. Chargés d'études et de travaux Service Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'œuvre d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants	<i>« C'est forcément du mouvement. Il y a du mouvement de personnel, il y a du mouvement de matériel, il y a les usagers... »</i>	Mouvement, stockage de matériaux, flux
E. Architecte DPLG, Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/architectes-paysagistes	<i>« Le chantier, c'est vraiment un moment clé dans le projet, parce que les choses prennent forme, se concrétisent. Il y a cette opportunité aussi de voir un projet, une idée, qui a mûri parfois au fil de longues années, de longs temps de réflexion, prendre corps. Ça, c'est vraiment super. Mais c'est aussi, pour moi, un moment important dans la dimension appropriation citoyenne des sites, puisque c'est un moment aussi qui permet d'intégrer plein d'acteurs différents autour de la réalisation du projet. Pour moi, c'est aussi cette dimension participative qui est très importante dans la réalisation des choses, où les objets vont émerger, vont prendre forme, pouvoir aussi intégrer un maximum de personnes dans la concrétisation. C'est une opportunité pour aussi participer à vivre collectivement cette transformation de l'espace public et commencer à donner sens au nouvel aménagement en tant que nouvel espace dans la vie d'une cité. C'est à la fois un moment assez crucial au niveau des choix techniques, il y a plein de choses qui vont se mettre en place, c'est un moment assez décisif aussi pour marquer une étape importante dans la transformation du site, une étape dont on espère qu'elle va marquer un peu l'histoire de ce lieu d'une pierre blanche, pour initier une nouvelle étape dans la vie du lieu. »</i>	Concrétisation, moment clé, appropriation citoyenne, participation par le faire, techniques, histoire, vie du site
F. Chef de projet éco-aménagement et trame bleue d'une intercommunalité de 13 communes	<i>« Ça évoque plein de choses parce qu'en fait, c'est le quotidien et on a la chance d'être à plein de niveaux différents. Chantier et travaux, ça va être à la fois la phase des gros travaux comme des requalifications industrielles où on est associé, mais aussi les chantiers en régie avec les collègues où c'est juste la pelleuse qui vient et on crée une marre sur un délaissé. Pour moi, c'est des sujets qui me permettent de donner presque du sens au boulot. Au moins, on fait des choses. Il y a quelque chose de concret. Ce n'est pas du tout négatif. »</i>	Quotidien, sens, régie, associé, concret.

G. Ingénieur paysagiste, Chargé de mission d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants	« L'étape de la consécration et de l'aboutissement des mois de travail, pour moi, c'est la phase la plus stimulante du projet, parce que c'est là où tu passes à la phase concrète de la conception et c'est là où tu te dis que les ennuis peuvent commencer, parce qu'on est dans un domaine d'activité où on travaille souvent en sous-sol pour la plantation d'arbre. Et la phase la plus critique pour moi, et je l'ai toujours dit à ..., la phase la plus critique, c'est le terrassement. Une fois que tu as ouvert ton sous-sol, tu as terrassé, tu as amené ta terre, c'est bon, le chantier peut dérouler tranquillement. »	Aboutissement, concret, problèmes, terrassement
I. Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte	« Le chantier, alors, pour moi ça évoque une nouvelle étape dans le projet d'aménagement, c'est la concrétisation de plusieurs années d'études. [...] Ça évoque pas mal d'adaptations, parfois d'imprévus. [...] Par exemple, sur le chantier que je suis actuellement, en termes d'imprévus, on est aussi soumis des fois aux aléas de la nature. Là, par exemple, le chantier est en bord de rivière, et depuis cet hiver, on a eu beaucoup de crues, donc beaucoup d'adaptations par rapport à ça. [...] Aussi, on demande aux entreprises qui travaillent parfois sur des chantiers de centre-ville, là on est sur un chantier en bord de ville avec des enjeux assez importants, donc on leur demande de mettre en place des protocoles, etc., pour évacuer en temps et en heure les engins et éviter d'avoir des barrières dans la Maine. [...] Ça demande pour les entreprises pas mal d'agilité. [...] Et après, c'est assez intéressant comme étape parce qu'on voit la concrétisation des aménagements, on passe du plan 2D au 3D. [...] Ce que j'aime bien aussi, c'est qu'on travaille en interface avec plein d'acteurs. »	Nouvelle étape, concrétisation, adaptations, imprévus, aléas naturels, agilité, concrétisation, interface.
J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants	« Un chantier ? Du travail. Que ça se prépare. Un chantier, ça se prépare. Et si on veut que ça fonctionne il faut essayer d'anticiper au mieux tous les enjeux, tous les problèmes qui peuvent se poser, c'est vraiment de les visualiser avant, de rencontrer un maximum de personnes en amont pour prendre tout en compte et que ça se passe bien... Un chantier ou personne n'appelle c'est notre récompense, le silence des habitants c'est notre récompense. »	Travail, préparation, anticipation des enjeux, communication
K. Architecte diplômée d'état, Chargée de mission réemploi des matériaux du BTP dans une association	« C'est surtout chantier de démolition, parce que c'est à ça que je participe le plus. Il y a les chantiers participatifs qui sont très conviviaux, qui sont très intéressants, parce que c'est des gens qu'on connaît, qu'on voit plusieurs fois, et qui viennent déposer sur nos chantiers. Et après, il y a toujours l'enjeu des grosses démolitions, où je suis toujours un peu impressionnée par les outils qu'ils ont, et la violence vis-à-vis des matériaux, parce qu'on voit des bâtiments en tuffeau se faire raser. Et ça peut paraître un peu hors d'échelle quand on voit des grues ou des gros camions qui roulent sur des matériaux qu'on a peut-être mis... Chaque pierre a peut-être mis 2 ou 3 heures à être taillée. Et là, en quelques minutes, on abat tout un mur »	Convivialité, impressionnant, démesuré

En résumé, d'après les verbatims, la phase chantier est perçue comme une période dynamique de transformation et d'amélioration, marquée par le désordre et le mouvement, mais aussi par la satisfaction et l'appropriation collective. C'est un moment clé de concrétisation, plein de défis et nécessitant une grande agilité et une bonne communication.

3.2.2 TYPOLOGIE DES CHANTIERS D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER

On peut proposer une typologie de chantiers urbains en distinguant deux grands types (Tableau 2) : ceux centrés sur un projet paysager comme les opérations de végétalisation et de gestion des espaces verts et ceux à proximité d'espaces publics paysagers existants concernant la création, l'entretien ou le renouvellement d'**infrastructures** ou de bâtiments.

Tableau 2 : Typologie des chantiers en lien avec des espaces publics plus ou moins centrés sur un projet d'espace vert (©J.LARGUET)

Types	Type de projet ou d' opération d'aménagement	Descriptions	Exemples
Chantier à proximité d'espaces publics paysagers existants	Création	Construction d'infrastructure, structures, de surfaces ou de fournitures	Construction d'un bâtiment sur une zone agricole, création d'un réseau d'eau potable...
	Restauration	Déconstruction/reconstruction de tout ou partie d'infrastructure, structures, de surfaces ou de fournitures et reconstruction à l'identique	Restauration d'un muret en pierres sèches, mobilier, bâtiments...
	Déconstruction/démolition	Destruction d'un bâtiment qui peut être suivie d'une reconstruction d'un bâtiment ou bien par l'aménagement d'un espace public paysager	Déconstruction d'un immeuble d'habitations à loyers modérés gérés par un OPH, dans le cadre du NPNRU, et aménagement d'un parc ou d'un nouveau bâtiment
	Rénovation / Réfection	Déconstruction/reconstruction de tout ou partie d'infrastructure, structures, de surfaces ou de fournitures, reconstruction pouvant différer de l'ancien mais gardant la même fonction	Réfection de trottoir, de réseau...
	Réhabilitation	Rénovation sans destruction, préservation du bâtiment ou de l'infrastructure existante.	Isolation par l'extérieur d'un bâtiment
	Création/Requalification	Création amenant à un changement de fonctionnement ou de vocation/usage d'un lieu qui s'opère par un changement d'activité ou de qualités physiques afin de faire jouer à l'espace un rôle	La végétalisation d'une cour d'école est dans l'ensemble un chantier de requalification qui vise à lui faire jouer d'autres

Types	Type de projet ou d' opération d'aménagement	Descriptions	Exemples
Chantier d'espace public paysager/d'infrastructure verte		nouveau, plus de multifonctionnalité. Terme pouvant englober des travaux de végétalisation, de rénovation ou bien de réhabilitation. On peut souligner des hétérogénéités de niveaux de complexité des projets avec des espaces avec un fort degré d'infrastructures et de structures existantes dans lequel il faut parfois s'insérer, d'espaces en étant plus dépourvus.	fonctions (support de biodiversité, infiltration des eaux pluviales...).
	Gestion	Ensemble d'opérations sur les éléments d'un milieu suivant des techniques appropriées dites « techniques de gestion » visant à répondre à un objectif d'entretien, souvent à long terme.	Elagage, tailles, tonte, fauchage...

3.2.3 LES ÉTAPES ORGANISATIONNELLES DU CHANTIER EN LIEN AVEC DES ESPACES PUBLICS PAYSAGERS

En pensant l'espace urbain comme façonné par un socio-écosystème, l'étape chantier peut être perçue comme la concrétisation physique d'un processus itératif d'ajustement. La Figure 3 illustre cette circularité dans la conception et la gestion écologique d'un espace public paysager, exprimant l'idée de maturation progressive du projet.

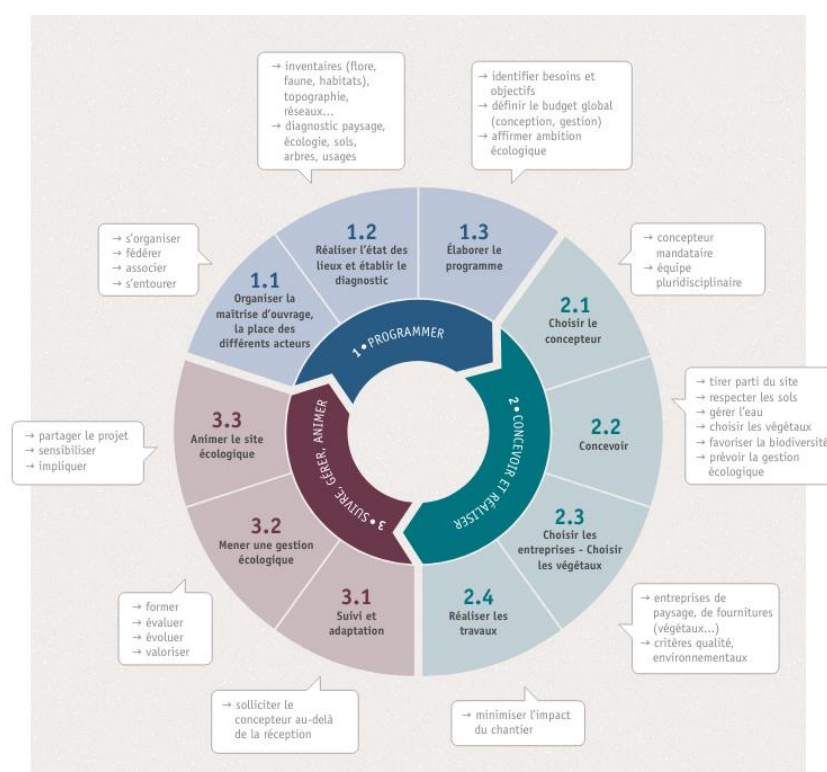


Figure 3 : L'étape chantier/travaux (2.4) au sein du projet d'espace public paysager écologique continu (© Sandrine Larramendy, P&C)

La réalisation du chantier d'un espace public paysager écologique succède à la conception du projet, laquelle répond à un programme établi à partir d'un état des lieux et d'un diagnostic effectué suite à une

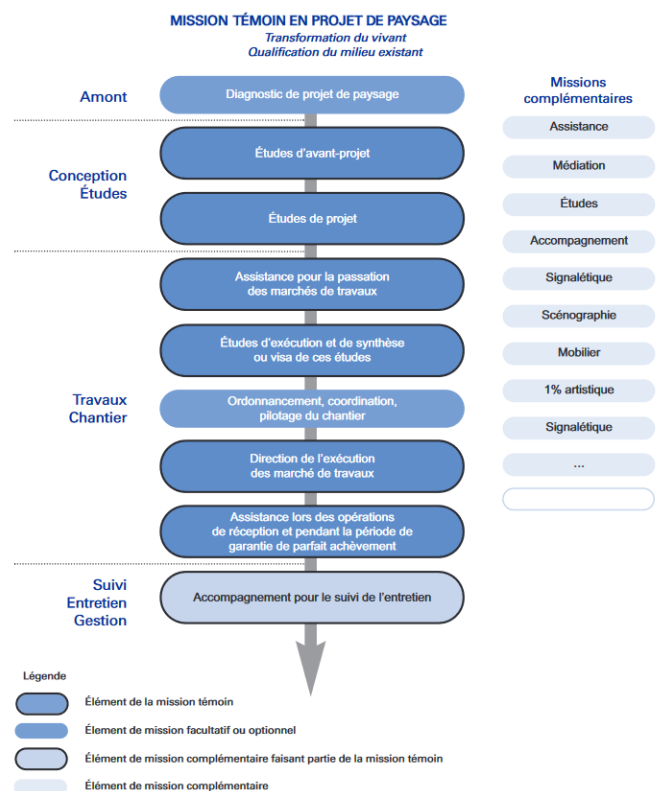
éventuelle période de suivi, d'animation, de gestion et de vie du site. La compréhension de la phase chantier peut intervenir tardivement, mais le diagnostic initial et l'analyse de l'existant permettent d'identifier les enjeux (sociaux, écologiques, etc.) pour concevoir le projet et adapter les moyens durant la phase chantier. Ainsi, le chantier peut être perçu non seulement comme la concrétisation d'un projet paysager, mais aussi comme un point de départ pour le système écologique, marquant le véritable début du projet de paysage.

Pour les projets concernant un espace public, selon la maîtrise d'ouvrage, ses moyens internes et la nature du projet, les missions de maîtrise d'œuvre de projet de paysage sont souvent intégrées dans les missions d'infrastructure prévues par la loi Maîtrise d'Ouvrage Publique (MOP), codifiée dans le livre IV de la deuxième partie du code de la commande publique. Les honoraires sont généralement basés sur un pourcentage du coût des travaux. Les missions incluent souvent une phase de conception des études d'esquisse (ESQ), une étude de diagnostic, des études d'avant-projet (AVP), et des études de projet (PRO). Cela peut mener à une phase d'assistance de la maîtrise d'ouvrage pour la passation des contrats de travaux (ACT) et la constitution du dossier de consultation des entreprises (DCE), suivie de l'analyse des offres. En phase travaux, les missions de maîtrise d'œuvre incluent des études d'exécution et de synthèse (EXE) ou le visa de ces études si elles sont réalisées par les entreprises, ainsi que des missions d'ordonnancement, coordination et pilotage du chantier. Il est également courant d'avoir des missions de direction de l'exécution des contrats de travaux (DET) et d'assistance aux opérations de réception (AOR). Plusieurs missions complémentaires peuvent également être envisagées (Figure 4). La phase chantier elle-même est structurée en différentes étapes successives. Les entreprises doivent coordonner différentes équipes et organiser l'approvisionnement et le stockage des matériaux et des machines nécessaires aux travaux – qui peuvent être encombrantes. Ces entreprises mettent donc en place une organisation spatio-temporelle précise, pouvant être réalisée dans certains chantiers par des professionnels de l'ordonnancement, pilotage et coordination (OPC), en vue de réaliser les travaux dans le temps imparti et d'éviter ainsi des coûts supplémentaires et/ou des pénalités de retard.

Cette organisation comprend entre autres une opération de cartographie de l'espace du chantier qui contribue, par des aménagements matériels, des règles et des discours, à faire du site en travaux un dispositif opérationnel de production (Valcin, 2023). Son organisation peut varier selon qu'il s'agisse d'une opération centrée sur le paysage ou de la construction de bâtiments incluant des aménagements extérieurs. Elle dépend aussi des moyens humains et matériels disponibles, des exigences de délais de la maîtrise d'ouvrage, et de la compatibilité des travaux avec les aléas naturels et rythmes biologiques.

Généralement, le chantier paysager commence par l'installation du site, le marquage/piquetage, suivi des travaux de terrassement impliquant éventuellement des mouvements de terres. Ensuite, les préoccupations autour de la gestion des eaux provenant des précipitations sont abordées, suivies des travaux de maçonnerie (bordures, pavages, dallages), clôtures et la mise en place de terres. Selon la temporalité, une phase d'ensemencement temporaire peut faire la transition avec les périodes de plantations ultérieures, suivies généralement de périodes de confortement des végétaux (Ministère de la cohésion des territoires et des relations & avec les collectivités territoriales, 2021).

Figure 4 : Eléments de mission de maîtrise d'œuvre en projet de paysage (© MIQCP, 2022)



3.2.4 LES ACTEURS QUI L'ORGANISENT

Selon notre définition d'espace public paysager, se retrouvent en maitre d'ouvrage la quasi-totalité des acteurs du territoire urbain à l'exception des espaces verts d'habitations dont ont la jouissance un unique ménage. L'espace public (MIQCP, 2021) au sens de la Mission Interministérielle pour la Qualité des Constructions Publiques (MIQCP) désigne déjà un lot de **maitres d'ouvrage** (MOA) potentiels que sont les acheteurs publics soumis au code du marché public et donc à la mise en concurrence. Ils se composent à la fois des pouvoirs adjudicateurs comme l'État, les collectivités territoriales et les établissements publics, mais également de leurs entités adjudicatrices : SNCF, RATP, EDF, Régie de transport d'électricité (RTE), Voies navigables de France (VNF), certains aéroports.... Les espaces publics paysagers concernent également des espaces privés collectifs construits par des promoteurs immobiliers, gérés par des syndicats de copropriété etc...

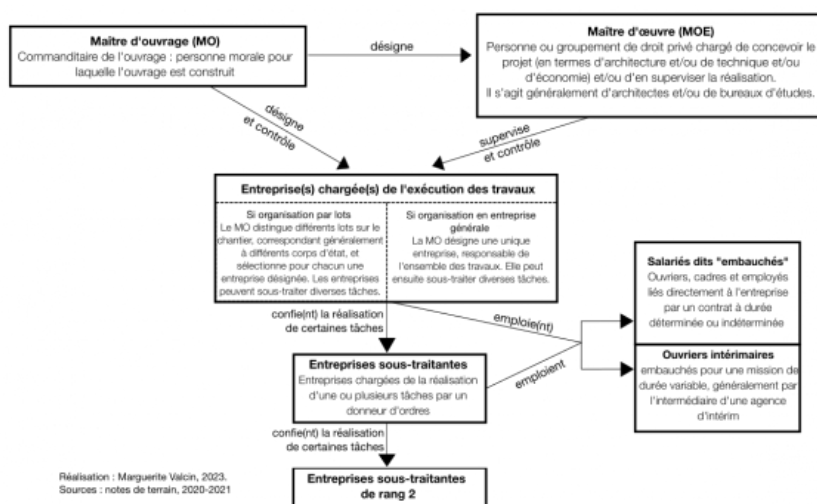


Figure 5 : Schéma simplifié des relations entre acteurs dans le secteur du BTP (la configuration varie d'un chantier à l'autre) (©Valcin, 2023)

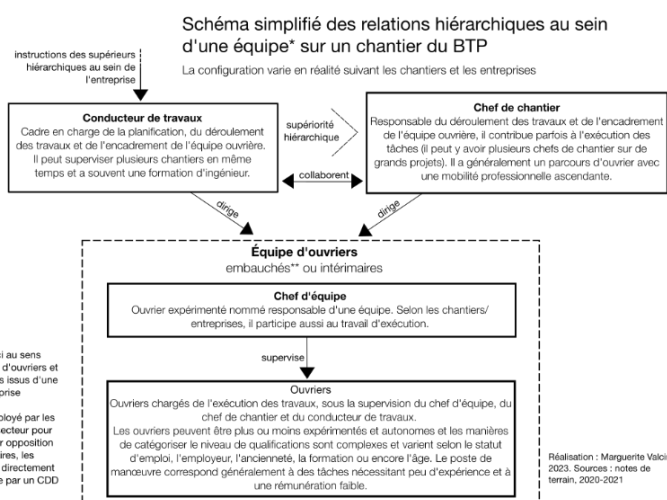


Figure 6 : Schéma simplifié des relations hiérarchiques au sein d'une équipe sur un chantier de BTP (©Valcin, 2023)

Selon l'espace public paysager en question, les acteurs de la gestion et de la réalisation diffèrent (Figure 5 & Figure 6). Les chantiers de type requalification d'espace public de collectivité, nécessitant une organisation de type « projet » peuvent être réalisés en régie, avec ou non des prestations d'assistance à maîtrise d'ouvrage ou confiés à une maîtrise d'ouvrage externalisée via des mandats de maîtrise d'ouvrage publique ou de concession, qui, en collaboration avec les services des collectivités vont définir les besoins puis avoir recours à un **maitre d'œuvre** ou groupement de maîtrise d'œuvre pour la transcription technique de ces besoins. Suite à cela, les entreprises de travaux vont répondre à un appel d'offre afin de décrocher le chantier.

Pour illustrer la pluralité des maitres d'ouvrage pour une même typologie d'espace public paysager, on peut citer le cas des cours d'établissements scolaires qui dépendent de collectivités différentes. Les cours d'écoles primaires et maternelles vont relever d'une compétence et d'un budget communaux des services espaces verts tandis que ces derniers sont départementaux et régionaux pour les cours de collèges et lycées respectivement. On pourrait aussi discuter des espaces publics paysagers des établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) comme les universités dont les financements relèvent principalement directement de l'Etat.

Il existe une pluralité de documents contractuels, incitatifs, obligatoires ou de référence, en lien avec les chantiers urbains. Les documents de la consultation de marchés publics contiennent obligatoirement :

- Le cahier des clauses particulières (CCP) comprenant le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) et le cahier des clauses administratives particulières (CCAP). Le CCTP est une pièce écrite mais peut également comporter des pièces graphiques (plan 3D, masse, croquis...), le CCAP donne quant

à lui toutes les précisions sur l'objet du marché, les délais d'exécution et la résiliation du marché. Au contrat sont généralement ajoutés les cahiers des clauses administratives générales (CCAG) ainsi que les cahiers des clauses techniques générales (CCTG) que le CCP peut prendre comme références car rédigées et éditées par les pouvoirs publics. D'autres documents, tels que des chartes communales, peuvent influencer les prescriptions des CCTP dans une optique de cohérence paysagère et de facilitation de la gestion.

- Des documents financiers : bordereau de prix unitaires (BPU) généralement dans les marchés à bons de commande, il liste les prix unitaires relatifs à chaque produit ou élément d'ouvrage prévu par le CCTP. Il est associé au dossier quantitatif estimatif (DQE), rempli par les entreprises sur demande de l'acheteur, qui a une vocation non contractuelle de simulation pour comparer les offres des entreprises d'un accord-cadre par exemple. La décomposition du prix global et forfaitaire (DGPF) est un document contractuel dans les marchés à prix forfaitaire, l'entreprise remplit le prix de la liste des prestations en arrivant à un total correspondant au montant affiché sur l'acte d'engagement (AE).
- L'acte d'engagement qui est un acte administratif contractuel, par lequel le candidat s'engage sur son offre de prix et accepte formellement les clauses du marché.
- Le règlement de la consultation : il indique à qui et où remettre l'offre, la possibilité d'une visite des lieux (par exemple, si le marché proposé porte sur les travaux à effectuer dans une école, une visite des lieux peut être proposée), le contenu attendu de l'offre, les critères de choix et pondération, la possibilité d'une négociation.

La fourniture d'un cadre de schéma d'organisation et de gestion des déchets (SOGED) en annexe du CCTP, et le détail d'un poste gestion des déchets de chantier dans le cadre de bordereau de prix ou de décomposition du prix forfaitaire et global peut permettre à l'acheteur d'avoir un suivi sur le devenir des matériaux sortant du chantier, issus de la déconstruction ou des terrassements par exemple. Aussi, une note d'intention concernant une demande de plan d'installation du chantier (PIC) peut également être annexée afin d'exiger la **mise en défens** de certains éléments. Il peut être fourni lors de la préparation de chantier par l'entreprise travaux et faire mention des différentes zones clairement définies sur ce plan : la limite de chantier (qui sera matérialisée par une palissade), la végétation et les éléments les protégeant, l'aire de stationnement et parking, les aires des cantonnements (positionnement, contenu quantitatif en sanitaires, vestiaires, WC, cantine), les aires de livraison et stockage des approvisionnements, les aires de fabrication ou centrale à béton, le sens des circulations à l'intérieur et à l'extérieur du chantier (avec si possible un sens unique et une zone tampon servant de parking temporaire), la zone de manœuvre des engins (engins de terrassement, grues,...), l'arrivée des énergies et des fluides (avec point d'arrêt et compteur), la prise en compte de l'environnement proche (écoles, hôpital, maisons de retraite, etc..) en cas de nuisances sonores et pollution de l'air (poussières,...), l'impact sur les équipements de la collectivité et les précautions à prendre (trafic routier, nettoyage des voies, aires de stationnement,...).

Du côté des entreprises de travaux, pour les travaux à proximité de réseaux, la réglementation anti-endommagement des réseaux impose aux professionnels des travaux publics la réalisation de déclarations préalables au commencement de travaux auprès des exploitants de réseaux pour réduire le nombre et la gravité des accidents susceptibles de se produire et d'équilibrer le partage des responsabilités entre les différents acteurs. Le responsable de projet ou son représentant doit envoyer les déclarations de travaux, analyser les réponses, améliorer les données cartographiques lorsque l'exploitant lui demande de réaliser des Investigations Complémentaires (IC), assurer le marquage-piquetage afin de fournir les meilleures informations possibles aux exécutants de travaux sur le périmètre de son projet. L'exécutant de travaux doit adresser les déclarations d'intention de commencement de travaux (DICT) aux exploitants de réseaux et analyser l'ensemble des récépissés (plans, consignes...) en effectuant les relances nécessaires auprès des exploitants de réseaux.

3.3 CADRE SÉMANTIQUE : RISQUES, ENJEUX, ALÉAS, VULNÉRABILITÉ...

Pour faire simple l'aléa ou le danger est quelque chose qui peut potentiellement causer un dommage alors que le risque est le croisement entre un phénomène potentiellement dommageable (aléa) et des enjeux exposés et vulnérables. Le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), dans un résumé à l'intention des décideurs sur les incidences, l'adaptation et la vulnérabilité aux changements climatiques en 2014, définit le danger comme : « *l'éventualité d'un phénomène ou d'une tendance physique, naturel ou anthropique, ou d'une incidence physique, susceptible d'entraîner des pertes en vies humaines, des blessures ou autres effets sur la santé, ainsi que des dégâts et des pertes matérielles touchant les biens, les infrastructures, les moyens de subsistance, la fourniture des services, les écosystèmes et les ressources environnementales.* ». Le terme d'aléa (GIEC, 2014) est défini pareillement à celui de danger (GIEC, 2018). Toutefois, dans ce rapport, on parlera de sources d'impacts en ce qui concerne le chantier, incluant ainsi certains aléas. Le risque concerne quant à lui « *la probabilité d'occurrence de tendances ou d'événements dangereux que viennent amplifier les conséquences de tels phénomènes lorsqu'ils se produisent. Le risque découle des interactions de la vulnérabilité, de l'exposition et des aléas* » (GIEC, 2014). La vulnérabilité et l'exposition sont deux notions clé de l'évaluation des risques. La vulnérabilité désigne la propension ou la prédisposition à subir des dommages, englobant des notions de sensibilité, de fragilité et d'incapacité à faire face et à s'adapter. Le terme d'exposition définit la présence de personnes, de moyens de subsistance, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions, ressources ou services environnementaux, d'éléments d'infrastructure ou de biens économiques, sociaux ou culturels dans un lieu ou dans un contexte susceptible de subir des dommages.

Le risque est multifactoriel et propre à chaque site et chaque contexte. Par exemple, un engin de chantier peut être perçu comme une source d'impact mais ne représente pas le même risque selon les usages voulus d'un sol. Par exemple, la compaction d'un sol destiné à être support d'une voirie et à priori moins préjudiciable que celle d'un sol destiné à planter un arbre ou des arbustes. L'engin ne représente un risque que s'il roule sur le sol, car pouvant porter atteinte à sa structure. De plus, le risque va dépendre également d'autres facteurs comme les conditions météorologiques et l'histoire du sol (couvertures et occupations précédentes...).

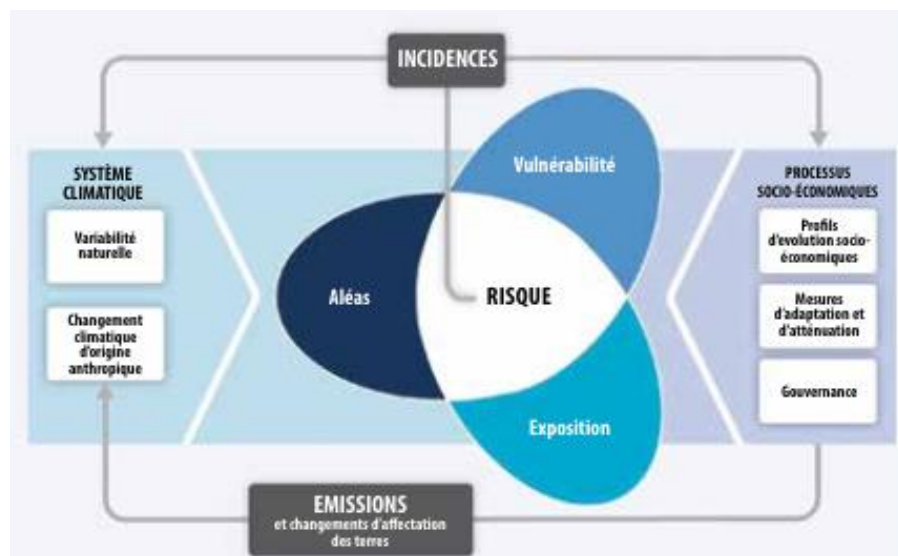


Figure 7 : Schéma de construction de l'indice de vulnérabilité au changement climatique du GIEC (GIEC, 2014)

Un impact (social, environnemental ou économique) est donc l'effet réel ou potentiel d'un événement ou d'une action, que l'on nommera source d'impact. C'est ce qui se produit lorsqu'un risque se matérialise. Les impacts ou incidences peuvent avoir pour effet de faire tendre le système vers d'autres dynamiques. Ces effets, selon leurs caractéristiques spatio-temporelles peuvent être qualifiés d'itératifs, à retardement, concentrés, à distance, de morcellement, combinés, indirects ou encore abrupts. L'impact se caractérise par une étendue quantifiable comme la superficie du chantier et de ses flux, une intensité de modifications générées qui va dépendre de la vulnérabilité du milieu, une durée en incluant les aspects de réversibilité et de résilience vis-à-vis des dommages, une fréquence ou une incertitude qui vont varier selon le caractère naturel de l'évènement.

4 MÉTHODOLOGIE D'ACQUISITION DE L'INFORMATION ET PRÉSENTATION DES SOURCES D'INFORMATION

4.1 RECHERCHES BIBLIOGRAPHIQUES

Une revue systématique de la littérature peut atténuer la subjectivité inhérente à la sélection des sources en établissant des critères stricts pour la sélection des travaux, permettant ainsi une analyse détaillée d'un sujet spécifique. Toutefois, étant donné que ce rapport vise à explorer la diversité des différentes pratiques autour des chantiers en lien avec les espaces publics paysagers, plutôt que de développer une analyse approfondie d'un aspect spécifique de ces chantiers, il a été choisi de mobiliser une bibliographie variée couvrant une large gamme de sujets liés aux chantiers urbains, venant enrichir l'approche empirico-inductive. Les sources incluent des rapports officiels, des articles scientifiques et des guides pratiques, fournissant une base pour l'analyse des risques et des enjeux en phase chantier d'espace public paysage (ou à proximité).

4.2 ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

4.2.1 LA CONSTRUCTION DE LA GRILLE D'ENTRETIEN

Sans hypothèses initiales, le guide d'entretien réalisé s'est structuré autour de plusieurs axes thématiques pour explorer en profondeur les pratiques et perspectives des acteurs interrogés. Le premier axe vise à examiner de manière générale la pratique de conception ou de réalisation de chantiers d'espaces publics paysagers par l'acteur enquêté. Ensuite, l'entretien évolue vers une discussion réflexive sur des exemples concrets d'aménagements auxquels l'enquêté a participé, permettant ainsi de débattre des enjeux et des défis rencontrés. Le troisième axe, en complément des précédents, cherche à identifier les motivations de l'enquêté pour une approche écologique dans la réalisation ou la conception des chantiers. Enfin, pour conclure l'entretien, l'enquêté est invité à résumer brièvement la place du chantier dans le projet de paysage.

4.2.2 L'ORGANISATION DES ENTRETIENS SEMI-DIRECTIFS

La prise de contact avec une personne clé au sein d'une ville de plus de 150 000 habitants a permis de multiplier les entretiens, certains aboutissant à des visites de chantier. De plus, d'autres ont été sollicités par mail ou lors de rencontres (journées techniques...). Le sujet de recherche n'ayant pas de problématique et d'hypothèses précises, nous étions ouverts à l'ensemble des acteurs concernés par la thématique. Selon Beaud et Weber (1998, p. 164), « *Pour que cette sélection des interviewés puisse se faire, il faut que vous ayez "fixé" votre perspective de recherche. À l'inverse, vous pouvez aussi être "choisi" par les enquêtés, certains d'entre eux feront tout pour être interviewés.* ». Lors de chaque prise de contact, étaient précisés la thématique de recherche, la durée et le mode d'entretien souhaité. La stratégie générale consistait à demander les disponibilités des enquêtés pour un entretien de 30 minutes à une heure, pour d'adapter à leurs disponibilités. Comme le soulignent Beaud et Weber (1998, p. 169), « *Évitez de prendre des rendez-vous trop éloignés dans le temps... La question de la durée de l'entretien est la plus importante. Vous devez disposer a priori d'une plage horaire suffisamment longue (une heure, une heure et demie). D'une part, c'est une condition indispensable pour conduire l'entretien en toute quiétude d'esprit, sans avoir à brusquer les choses ou "bousculer" votre interlocuteur. D'autre part, l'inscription de l'entretien dans un temps long lui permet de prendre un rythme de croisière et de connaître des tournants.* ». Pour le lieu des entretiens, ces derniers ont

été mené essentiellement en visioconférence, tout en restant ouvert à des rencontres physiques lorsque l'occasion se présentait. Cette flexibilité permet de « *faire avec* » (Beaud & Weber, 1998, p. 171) et de s'adapter aux différentes opportunités.

4.2.3 ENTRETIENS RÉALISÉS : PRÉSENTATION DU CORPUS DE PERSONNES SOLLICITÉES

Les entretiens du tableau suivant ont été réalisés, enregistrés puis retranscrits pour procéder par la suite à une analyse discursive (Tableau 3). Pour cela, les verbatims pertinents pour l'analyse ont été rassemblés pour partie dans un tableur de synthèse organisé autour de diverses thématiques d'intérêts présentes dans les grilles d'entretien et affinées au cours des retranscriptions (sols, biodiversité, air, bruit, flux, réemploi...).

Tableau 3 : Corpus de personnes sollicitées

Id Entretien	Fonction	Date de l'entretien	Durée
A	Paysagiste-concepteur DPLG, Bureau d'études	17/04/2024	36''
B	Paysagiste-concepteur DPLG, chargé de projet dans une association	16/04/2024	1'24''
C	Chargés d'études et de travaux Service Maitrise d'Ouvrage et Maîtrise d'œuvre d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants	24/04/2024	1'25''
D	Chargée de projet développement durable, d'une structure intercommunale de 51 communes	30/04/2024	1'22
E	Architecte DPLG, Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/ architectes-paysagistes	13/05/2024	0'47''
F	Chef de projet éco-aménagement et trame bleue d'une intercommunalité de 13 communes	15/05/2024	1'04''
G	Ingénieur paysagiste, Chargé de mission d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants	16/05/2024	1'06''
H	Ingénieur agro-pédologue, CEO d'un bureau d'études d'expertises pédologiques en Suisse	22/05/2024	0'49''
I	Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte	17/05/2024	0'43''
J	Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service	11/06/2024	1'37''

Id Entretien	Fonction	Date de l'entretien	Durée
	parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants		
K	Architecte diplômée d'état, Chargée de mission réemploi des matériaux du BTP dans une association	11/06/2024	0'44''
L	Chef de chantier – Groupe spécialiste des travaux d'enveloppe du bâtiment	19/06/2024	0'49''
M	Chargée de mission environnement dans un syndicat du BTP	26/06/2024	1'19''

La diversité de cet échantillon est particulièrement pertinente pour la phase chantier de l'aménagement des espaces publics paysagers, car elle englobe une variété d'expertises et de perspectives essentielles à la réussite de cette phase. Les paysagistes-concepteurs apportent une expertise technique et créative essentielle pour la conception de projets, et il est pertinent d'essayer d'entrevoir l'influence mutuelle de leur mode de conception et de la phase chantier. Les chargés d'études et de travaux au sein de services publics fournissent une connaissance pratique de la gestion de projets à grande échelle et des processus administratifs nécessaires pour mener à bien des chantiers complexes. La présence de professionnels spécialisés en développement durable et en éco-aménagement apporte un regard sur la complexité organisationnelle d'intégrer la prise en compte d'enjeux environnementaux au régime actuel. L'ingénieur agro-pédologue, avec son expertise technique sur les sols apporte un regard original sur la phase chantier, le tout dans un contexte réglementaire différent (Suisse). Les chefs de projet, techniciens et responsables du patrimoine arboré apportent des perspectives opérationnelles sur la mise en œuvre des chantiers, en tenant compte des contraintes pratiques et des réalités du terrain. Les chargés de mission et chefs de chantier enrichissent l'échantillon en partageant leur expérience de la coordination et de l'exécution des travaux, ainsi que leur capacité à résoudre les problèmes qui surviennent inévitablement sur le terrain. Enfin, cette diversité géographique et de statut de structure de travail permet d'esquisser comment différents contextes influencent les pratiques de chantier. Les échanges avec des professionnels issus de grandes villes, d'intercommunalités et de diverses structures organisationnelles offrent une vue d'ensemble sur les défis et les stratégies spécifiques à chaque type de projet. En somme, cet échantillon non exhaustif, mais varié, est particulièrement pertinent pour obtenir une première vision holistique et nuancée de la phase chantier dans l'aménagement des espaces publics paysagers. Pour des raisons pratiques, un certain nombre d'entretiens a été réalisé avec les acteurs de la collectivité proche du siège de l'association afin de pouvoir se déplacer par la suite sur divers chantiers à proximité, il y a donc un manque de diversité de contextes géographiques.

D'une durée moyenne d'environ une heure, ces entretiens ont été conduits et enregistrés sur place ou en visioconférence, puis intégralement retranscrits. Il a été choisi de ne pas anonymiser les interviewés avec un faux prénom mais avec des informations factuelles et une lettre, c'est-à-dire une anonymisation partielle. Ce choix a été fait car certains retours ont pu être critiques vis-à-vis de leur structure. Cela permet une parole libre et éviter tout préjudice.

4.3 OBSERVATIONS DE CHANTIER

4.3.1 MÉTHODOLOGIE DES OBSERVATIONS

Il semblait peu légitime de parler de chantier sans en observer directement. Les observations permettent de compléter les recherches bibliographiques et les entretiens, afin de comprendre les contraintes de terrain. L'approche choisie a été de visiter des chantiers après avoir été introduit par des « personnes clés » comme les maîtres d'ouvrage ou d'œuvre ou encore des responsables d'entreprises de travaux, cela afin de mieux pouvoir recontextualiser les choix techniques à l'œuvre. On pourrait qualifier les observations de semi-participantes, car impliquant une participation à des réunions de chantier.

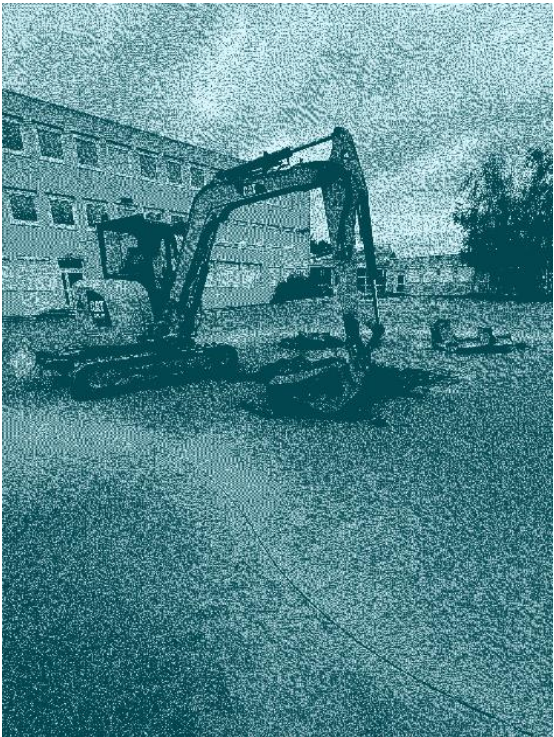


Figure 8 : Cassage de l'enrobé bitumineux sur la cour du collège François Rabelais à Angers (©J.LARGUET, 2024)

4.3.2 OBSERVATIONS RÉALISÉES

Tableau 4 : Observations in situ

Id site	Nom du projet	Type de projet ou opération d'aménagement	Type(s) et catégorie(s) d'infrastructures vertes initiales sur l'emprise chantier (Jones <i>et al</i> , 2022)	Maîtrise d'ouvrage	Maitre d'œuvre	Entreprises de travaux	Phase du projet	Ville	Date(s) de visite
1	Rives Vivantes – portion promenade de Reculée	Requalification (renaturation, rénovation/réfection)	Caractéristiques linéaires / Arbres de rue, Ripisylve, Chemin de marche, Piste cyclable Masses d'eau / Rivière,	SEM ALTER PUBLIC	Groupeement de maitrise d'œuvre : Artelia, D'ici-là paysages & territoires (mandataire), Biotec	Terideal, Durand TP, Equans, Bouygues télécommunication...	Travaux	Angers	5/06/2024
2	NPNRU QPV Monplaisir tranche 3	Rénovation/réhabilitation	Caractéristiques linéaires / Arbres de rue Autres espaces publics / Espaces ouverts partagés de bâtiments	Angers Loire Habitat	Groupeement de maitrise d'œuvre : CHED Architectes (Architecte), Techniques et chantiers (OPC), Marchand Bodin (Economiste), Gelineau (BET Fluides), EVEN Structure (BET Fluides structure), SOCOTEC (Bureau	ISORE BATIMENT (Ravalement et isolation extérieure) ...	Travaux	Angers	19/06/2024

Id site	Nom du projet	Type de projet ou opération d'aménagement	Type(s) et catégorie(s) d'infrastructures vertes initiales sur l'emprise chantier (Jones <i>et al</i> , 2022)	Maîtrise d'ouvrage	Maitre d'œuvre	Entreprises de travaux	Phase du projet	Ville	Date(s) de visite
					de contrôle), COPLAN (Coordinateur santé et sécurité)				
3	Groupes scolaires Marcel Brossard (A) et Condorcet (B)	Requalification	Caractéristiques linéaires / Arbres de rue Zone de commodités/Loisirs / Cour d'école	DPJP Angers	DPJP Angers	IDVERDE (A) ROBERT PAYSAGE (B)	Pro-DCE Travaux	Angers	24/05/2024 (visites avant DQE) 05/07/2024 au 31/07/2024 (Condorcet) 08/07/2024 (Brossard) au 31/07/2024
4	Cour de collège François Rabelais	Requalification	Zone de commodités/Loisirs / Cour d'école	Service Parc et Jardin du département du Maine-et-Loire	Agence TALPA	Anjou Travaux Publics + Entreprise paysage à définir	Travaux	Angers	03/07/2024 29/07/2024

Parmi les 5 chantiers observés, il y a une diversité de typologie d'espace public paysager avec des travaux centrés sur le paysage, c'est-à-dire qu'il n'y a que l'entreprise de paysage qui intervient. C'est le cas par exemple, des travaux de cours d'établissement scolaire pour les chantiers 3 et 4. On retrouve également des travaux paysagers en coactivité avec des travaux de VRD/bâtiment avec des groupements de maîtrise d'œuvre et des groupements d'entreprises de travaux pour les chantiers 1 et 2.

5 ANALYSE DES RISQUES ET ENJEUX EN PHASE CHANTIER D'ESPACES PUBLICS PAYSAGERS

5.1 PRÉSERVATION DE L'EXISTANT SUR L'EMPRISE CHANTIER ET SES ABORDS IMMÉDIATS

5.1.1 LES SOLS EXPOSÉS SUR L'EMPRISE CHANTIER

5.1.1.1 Les sols urbains : des enjeux initiaux hétérogènes ?

Constituant la couche superficielle des surfaces continentales de la Terre, les sols sont le siège de multiples fonctions dynamiques vitales pour l'environnement et les sociétés humaines. À l'interface des autres compartiments, ou milieux, que sont les eaux, l'air, le vivant, les sols rendent un certain nombre de services répondant à des besoins humains qui concernent la santé, la sécurité alimentaire ou les relations sociales. Ces services que l'on qualifie d'écosystémiques sont regroupés en quatre grandes catégories : les services de support, d'approvisionnement, de régulation et les services culturels. C'est un milieu constitué d'un ensemble de 5 fractions différentes : les minéraux solides, la matière organique, la fraction vivante, la phase gazeuse, et la phase liquide. Au même titre que les sols en milieux forestiers et agricoles, les sols urbains offrent un large éventail de services écosystémiques. Blanchart *et al.* (2017) ont mis en évidence leur contribution à la production de services écosystémiques fondamentaux (par exemple, autosuffisance alimentaire, gestion des déchets, support d'activités humaines et aménités paysagères).

Le sol urbain peut être défini géographiquement comme situé au sein d'une aire urbaine. Les pédologues vont en avoir une définition qui s'attache à le caractériser par son origine et sa genèse, en particulier la quantification de l'impact anthropique. Au sein d'une aire urbaine, on retrouve différents types de sols caractérisés par un gradient d'anthropisation allant de jardins ou de parcs peu anthropisés avec des sols pseudo-naturels jusqu'aux sols fortement anthropisés scellés. Le sol anthropisé a des propriétés issues de modifications anthropiques comme de fortes quantités d'artéfacts, un scellement anthropique ou un fort apport en matière organique. On les qualifie d'anthroposols ou bien de technosols (Blanchart et al., 2017) .

Tableau 5 : Nomenclature des couvertures du sol considérées dans l'outil DESTISOL (©DESTISOL, 2017)

Sol scellé (imperméabilisé > 90 %)		Sol semi-scellé (50 % < imperméabilisé < 90 %)		Sol non scellé (imperméabilisé < 50 %)				
Bâti	Voies de circulation	Voies de circulation	Voies de circulation	Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti	Non bâti
Sans végétation	Sans végétation	Sans végétation	Pelouse et prairie urbaines	Sans végétation	Pelouse et prairie urbaines	Jardin potager et ornemental	Arbustes	Arbres
								

Dans le secteur des aménagements paysagers, on parle de manière générique de terres ressources, terme englobant celui de terre végétale, qu'ils soient présents sur le site (terres ressources « internes ») ou qu'ils proviennent d'apports extérieurs (terres ressources « externes »). La norme NF U44-551 d'application obligatoire distingue terre végétale et terre support. A la différence de la terre support qui est un matériau

naturel non amendé (1 à 5% de matière organique), la terre végétale qualifie généralement les matériaux terreux amendés en produits organiques et riches en matière organique (3 à 15%).

Quand on évalue la qualité d'un sol ou l'impact sur la qualité d'un sol, on évalue souvent 3 indicateurs à savoir la qualité chimique, la qualité biologique et la qualité physique du sol (Gros, 2002). La qualité physique d'un sol fait souvent référence à sa structure, c'est à dire à la façon dont les constituants minéraux et organiques sont assemblés les uns par rapport aux autres. Sa qualité dépend en grande partie de la taille, de la forme et de la disposition des pores (vides) et des particules solides (mottes de sable, de limon et d'argile). La plupart des fonctions du sol, telles que la production alimentaire, le cycle du carbone et des nutriments ou la régulation et la filtration de l'eau, dépendent fortement de la qualité de la structure du sol. La structure d'un sol peut résulter de différents mécanismes physiques (d'humectation/dessiccation ou gel/dégel) et biologiques (fragmentation racinaire, liants organiques d'hyphes mycéliens ou de mucus microbiens, turricules de vers de terre...). Cette structuration résultant de mécanismes complexes assure l'existence des cavités poreuses de différentes tailles que sont les macropores (biopores) (>30 µm) et les micropores. La dégradation de la structure du sol fait généralement référence à la compaction et à la désagrégation qui peut conduire à la perte de services écosystémiques. En effet, lorsque le sol est compacté, la densité apparente augmente et la porosité totale diminue. Ces effets influent sur la végétation en place. Le compactage sur les nouveaux sites de construction peut être divisé en deux catégories : le compactage délibéré et le compactage involontaire. Le compactage délibéré (ou intentionnel) est effectué afin d'assurer la stabilité physique du sol pour les structures. Le compactage involontaire est dû au trafic de construction par inadvertance. L'évaluation du risque de dégradation de la structure du sol est cruciale pour identifier les pratiques de management qui peuvent être utilisées pour empêcher ou limiter ces impacts. Dans ce contexte, la vulnérabilité de la structure du sol peut caractériser la capacité du sol à faire face au stress causé par les pratiques de gestion des terres à une teneur en eau du sol donnée et le risque de dégradation de la structure du sol est la probabilité que cette dernière se produise lors de l'exposition des sols vulnérables aux pressions de gestion des terres et aux climats (Trolborg et al., 2013), on passe de l'évaluation de la vulnérabilité à l'évaluation du risque lorsque l'on prend en compte les stress externes (climat, météo, pratiques de gestion du sol) (Figure 9). Hu *et al.*, (2023) expliquent que la susceptibilité et la vulnérabilité se distinguent ainsi par la prise en compte ou non de l'eau du sol (phase liquide) lors de l'évaluation de la structure du sol, et la susceptibilité peut être un cas typique de vulnérabilité lorsque le sol est sec. La texture du sol, la teneur du sol en carbone organique et la densité apparente seraient des propriétés du sol susceptibles d'influencer le plus couramment la vulnérabilité (ou susceptibilité) structurelle du sol.

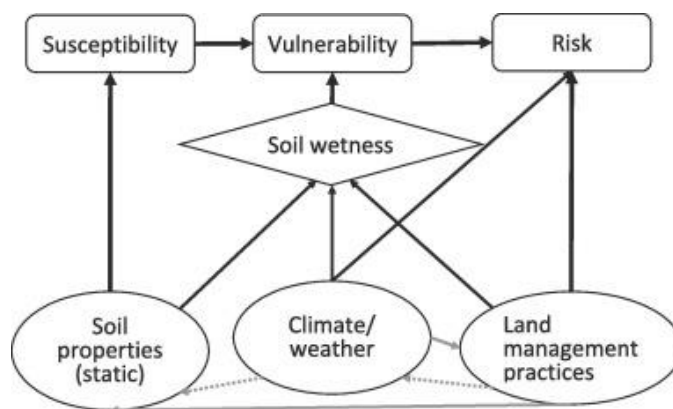


Figure 9 : Modèle d'évaluation de la tendance à la dégradation de la structure du sol. Les flèches noires indiquent les relations entre les différents facteurs (propriétés du sol, conditions météorologiques/climatiques, humidité du sol et pratiques de gestion des terres) et les trois niveaux (susceptibilité, vulnérabilité et risque) de l'évaluation de la tendance à la dégradation structurelle des sols. Les flèches grises indiquent les relations entre les propriétés du sol, le climat/les conditions météorologiques et les pratiques de gestion des terres (les lignes pleines et pointillées représentent respectivement les rétroactions relativement rapides et lentes) (Hu et al., 2023).

Les qualités structurales dépendent potentiellement des usages et donc des formes de recouvrement du sol. Edmondson *et al.* (2011) ont montré que lorsqu'elle est présente, la compaction du sol, dans la ville

britannique de leur étude, était généralement localisée et peu fréquente. Par des mesures de densité apparente, prises à une profondeur de 14 cm à l'échelle de la ville, leur étude visait à comparer l'étendue de la compaction du sol de surface entre différentes classes d'espaces verts urbains et les sols agricoles. Les sols urbains présentaient une gamme de densité apparente plus large que les sols agricoles, mais étaient significativement moins compacts, avec une densité apparente moyenne inférieure de 12 % à 7 cm de profondeur. La densité apparente des sols urbains était le plus faible sous les arbres et les arbustes et le plus élevé sous la végétation herbacée (par exemple, les pelouses). Les valeurs de densité apparente étaient similaires à celles de nombreux habitats semi-naturels, en particulier sous la végétation ligneuse. Ces différences de densité apparente peuvent pointer différentes vulnérabilités à la compaction (Schjønning & Lamandé, 2018). Les usages futurs ne font pas peser les mêmes enjeux vis-à-vis des sols, empiriquement on peut supposer qu'étant donné que la densité apparente est généralement plus forte pour une prairie que pour une forêt, compacter une zone non compactée, destinée à la plantation de ligneux, est dommageable et va nécessiter une dépense d'énergie pour retrouver une certaine structure.

5.1.1.2 Une prise en compte des sols limitée, indirecte et partielle, source d'impacts pour les sols ?

En France, bien qu'ils ne disposent pas d'un régime spécifique dans le Code de l'environnement, les sols sont désormais pris en compte dans le Code de l'urbanisme par le biais de la notion d'**artificialisation** (Art. L. 101-2-1) introduite par la loi « Climat et résilience » d'août 2021. Toutefois cette notion d'artificialisation reste assez protéiforme. Le code de l'environnement introduit la notion de « patrimoine commun de la nation » à laquelle l'article 1er de la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages a inséré un deuxième alinéa au sein de l'article L. 110-1 du code de l'environnement précisant que « *les processus biologiques, les sols et la géodiversité concourent à la constitution de ce patrimoine* ». Bien que tous les sols ne bénéficient pas d'une protection, certains sont soumis à des mesures de régulation, voire d'interdiction d'usage, en raison des services écologiques qu'ils fournissent à l'Homme. C'est le cas des sols abritant une biodiversité protégée (Annexe I de la directive 92/43/CEE du Conseil du 21 mai 1992) ou des sols hydromorphes des zones humides, qui jouent un rôle crucial dans la rétention d'eau et la régulation des crues. La valeur environnementale de ces sols est intégrée à divers régimes du droit de l'environnement. De plus, même les sols fortement anthropisés, tels que ceux en milieu urbain, peuvent avoir une fonction écologique. La question se pose de savoir si les sols urbains, en raison de leurs caractéristiques, de leur localisation et de leurs usages, méritent un statut juridique spécifique (Desrousseaux, 2022). Outre la présumée valeur agronomique des matériaux ou compatibilité avec une gamme végétale désirée, ce sont également les suspicions de pollutions qui semblent régir les mouvements de terre. En réalité, la pollution des sols en milieu urbain est sujette à discussion et susceptible de devenir un problème dès lors que les usages des sols vont mettre en contact la population avec ces sols pollués. Il convient alors d'évaluer l'intensité de ces contacts (l'exposition) et de la mettre en regard des connaissances toxicologiques actuelles sur les substances qu'ils contiennent (le potentiel de danger) via des analyses, afin de statuer sur l'acceptabilité de la situation. En France, les secteurs d'information sur les sols (SIS) répertoriant les « terrains où la connaissance de la pollution des sols justifie, notamment en cas de changement d'usage, la réalisation d'études de sols et de mesures de gestion de la pollution » (article L. 125-6 du code de l'environnement) peut remplir cette fonction. Il convient toutefois de rappeler que la non-inscription dans ces systèmes d'informations n'équivaut pas à une attestation de non-pollution du site. Elle signifie qu'aucune information, notamment historique dans le cadastre des sites pollués, n'a permis de suspecter une forte probabilité de pollution sur la parcelle en question.

En Suisse comme dans nombre de pays européens, le contexte réglementaire en matière de sols diffère. Les bases légales de protection des sols se trouvent dans les articles 33-35 de la loi sur la protection de l'environnement (LPE) et dans l'ordonnance sur les atteintes portées aux sols. Cela passe par la prévention de la compaction et de l'érosion : « *Quiconque construit une installation ou exploite un sol doit, en tenant compte des caractéristiques physiques du sol et de son état d'humidité, choisir et utiliser des véhicules, des machines et des outils de manière à prévenir les compactations et les autres modifications de la structure des*

sols qui pourraient menacer la fertilité du sol à long terme. ». La manipulation des matériaux terreux est aussi un point d'attention : « Quiconque manipule, excave ou décape un sol doit procéder de telle façon que le sol puisse être réutilisé en tant que tel ». Pour le respect de l'ordonnance, les chantiers d'une certaine surface doivent être accompagnés par un spécialiste de la protection des sols sur chantier (SPSC) :

« Vous, en France, vous parlez de matériaux d'excavation et de matériaux terreux à partir du moment où vous touchez au sol sans faire de différenciation entre l'horizon A, l'horizon B et l'horizon C. Il y a déjà deux champs lexico-légaux qui sont en confrontation. Nous (en Suisse), quand on dit qu'on fait des substrats fertiles, on reprend les matériaux d'excavation qui devraient être mis en décharge, donc l'horizon A et l'horizon B préservés. Ils doivent aller sur un champ agricole ou sur un projet d'aménagement. On part du principe que dans les grands projets urbains de déminéralisation, il n'y a pas de sol. À partir du moment où il n'y a pas de sol, on a un manque de terre végétale énorme en Suisse, voire probant. Pour pouvoir pallier ce manque de terre végétale, si on veut déminéraliser la ville et végétaliser les espaces urbains, il faut créer des substrats fertiles. Ces substrats fertiles sont créés à partir de la matrice argilolimoneuse non polluée où on y réintègre de la matière organique sous forme de compost, fumier, peu importe, biochar, en fonction des besoins de ces aménagements extérieurs qui sont à créer dans le futur pour faire des sols. On leur donne, à ces matériaux d'excavation qu'on mélange avec la matière organique, tous les principes de la pédogénèse au niveau biologique, physique et chimique pour redevenir des sols à terme. À ce moment-là, on a les services écosystémiques qui sont rendus par ces matériaux fertiles qui ne sont pas des sols, qui sont des substrats fertiles, mais technosols. » (H. Ingénieur agro-pédologue, CEO d'un bureau d'études d'expertises pédologiques en Suisse)

5.1.1.3 Le diagnostic des potentialités des sols en place comme déterminant des externalités en phase chantier ?

Aucune des cours d'école observées (3A, 3B et 4), ne s'appuie sur un diagnostic agro-pédologique du sol en place initial. Cela peut s'expliquer par la difficulté d'intervenir sur ces sites occupés la plus large partie de l'année, pour sonder sous l'enrobé. On observe toutefois des disparités en termes de valorisation sur site des matériaux excavés pourtant relativement similaires en apparence avec une couche de graves non traitées (GNT) et une matrice limono-argileuse. Pour le chantier 4 (Figure 10), la matrice argileuse excavée sous la couche de GNT sera réutilisée sur site avec un apport de terre végétale issue d'un décapage d'un chantier de la même ville, et d'un « substrat mycorhizé ». Ce dernier contient des souches de champignons provenant de laboratoires, qui aiderait selon le paysagiste-concepteur, à l'installation de la palette végétale en formant des associations symbiotiques avec les racines des arbres qui seront plantés, formant ainsi des mycorhizes (Figure 10). La palette choisie est adaptée pour la zone descellée qui fera office de zone d'infiltration des eaux de ruissellement. Dans le chantier 3B, les matériaux (GNT + matrice argileuse) sont purgés, exportés et remplacés par un substrat de texture limono-sableuse pour le projet qui vise à réaliser un bassin d'infiltration des eaux pluviales issues de la déconnexion des gouttières du bâtiment scolaire. L'entreprise travaux s'approvisionne chez un fournisseur de matériaux implanté non loin. Enfin, dans l'autre cour d'école suivie (3A), la pratique diffère encore. La recherche de réduction des dépenses de l'entreprise travaux et la réponse à une pluie intense entraînant l'effondrement de l'encaissant a poussé l'équipe chantier à décapager une zone devant l'être et déplacer la terre dans la fosse, terre qui sera par la suite amendée (Figure 10). Cela est représentatif de la variabilité des pratiques de conception faisant que le substrat est dans la plupart des cas reconstitué dans un contexte de méconnaissance du sol en place et de ses qualités potentielles pour la croissance des végétaux (Baysse-Lainé et al., 2022). En effet, le maître d'ouvrage pose souvent des exigences standard de qualité du sol auxquelles l'entreprise travaux répond en travaillant plus ou moins les terres présentes ou des terres qu'elle dispose en stock, provenant de différents horizons ou bien qu'elle achète à un fournisseur. Même s'ils gagnent en notoriété, les projets de conception paysagère partant des potentialités des sols en place dans un site à aménager et y adaptant la flore semblent encore minoritaires et leur proportion reste à évaluer. Etant donné le temps entre les travaux de terrassement et les périodes de plantations, il semble que les matériaux terreux en place pourraient largement faire l'objet d'un itinéraire

technique approprié (décompaction, ensemencement temporaire, amendement...) et d'un choix de végétaux approprié à la suite d'analyses.

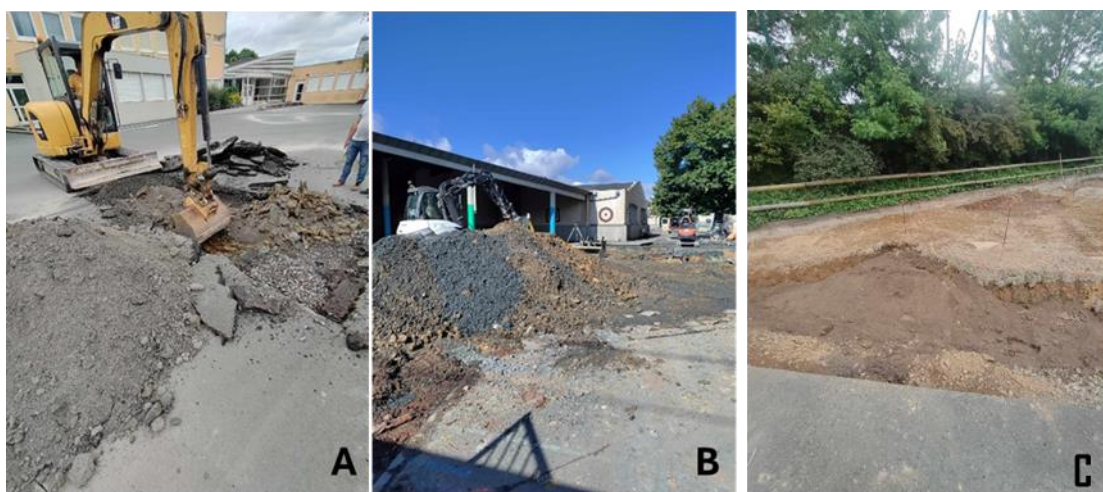


Figure 10 : Excavations à la pelle mécanique des matériaux sous la couche d'enrobé. Réutilisation pour partie sur site dans un cas (A – chantier 4) et purge avec export dans un autre cas (B- chantier 3-B), purge et remblai d'une fosse avec de la terre décapée sur site pour un autre cas (C- chantier 3-A) (©J.LARGUET)

L'enquête G (**Ingénieur paysagiste, chargé de mission d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants**) explique par exemple l'aspect routinier des pratiques :

« En gros, il n'y a pas tellement de stratégie, je vais être honnête et totalement franc là-dessus. Dans la culture, c'était, on terrasse, on apporte un nouveau sol. Ça a été notre stratégie depuis longtemps, même moi qui étais dans le privé, c'était toujours ça. Même s'il y avait de la terre végétale, on exportait de la terre végétale, on en mettait de la neuve. Maintenant, avec cette demande d'être plus sobre, et aussi le fait qu'on arrive sur certaines ressources à un épuisement, notamment les terres végétales, on se requestionne. J'avoue que les coupes budgétaires aident aussi à repenser nos pratiques. Donc, nous, on commence tout doucement à aller vers le fait de dire que c'est peut-être débile d'évacuer de la terre alors que ça se trouve il faut juste la réamander, il faut juste lui apporter quelque chose pour qu'elle puisse se revitaliser, on va dire entre guillemets ».

L'enquête J (**Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants**), de la même collectivité, a par exemple suivi une formation afin de réaliser des analyses pédologiques pour pouvoir amender les terres en place plutôt que de systématiquement purger et avoir recours à l'importation de terres végétales.

« Mais les échantillons sont là, je ne les ai pas encore analysés. J'ai tous mes petits échantillons, je les mets là-dedans, puis je fais quelques réactifs, et j'analyse tout ça avec le pH. Enfin, tout ce qui est calcaire actif, matière organique, tout ce qui peut être utile, ça reste simple, comme analyse. Ça nous permet d'identifier si le sol est intéressant. L'objectif, c'est vraiment de consommer le moins possible de terre végétale à l'avenir. ».

Enfin, les maîtres d'ouvrages peuvent définir des zones sensibles et les mettre en défens. Par exemple pour le chantier de réfection de la façade d'un bâtiment du chantier 2 (Figure 11), il a été acheté par la maîtrise d'ouvrage une prestation de montage d'échafaudage manuel pour une zone plutôt qu'un montage par l'aide d'un engin, ce qui est plus long, a un coût en pénibilité plus élevé, mais permet de limiter les impacts sur le sol du petit parc adjacent du fait de l'absence de circulation d'engins lourds par temps humide.



Figure 11 : Vue sur l'échafaudage monté manuellement pour la réfection d'une façade et vue sur le parc adjacent - Chantier 2 19/06/2024 (©J.LARGUET)

5.1.1.4 Les techniques potentiellement sources d'impact sur les sols

5.1.1.4.1 Panorama des différentes actions en lien avec les sols

Globalement, le sol peut subir différentes actions sur site (Tableau 6 & Tableau 7) en fonction du type de chantier et de ses objectifs (exigence temporelle, développement d'une certaine végétation etc...) et moyens (économiques, humains, techniques,...), selon qu'il s'agisse de travaux de gestion ou de requalification des espaces publics paysagers ou lors de chantiers d'entretien ou de construction de bâtiments ou d'infrastructures. D'autres actions peuvent être réalisées pour améliorer/préserver certaines propriétés des matériaux terreux sur des plateformes de transit/stockage.

Tableau 6 : Actions potentielles (non exhaustives) sur site des sols en fonctions des différents types de chantier et illustrations (©J.LARGUET)

Type de chantier		Actions potentielles avec les sols			
Centré sur le paysage	Requalification	Excavation/purge Déplacement de terres Stockage des matériaux Déstockage des terres Modification de la couverture du sol Circulation (compaction)			Végétalisation de la cour d'école René Brossard à Angers (Juillet 2024) A. Décapage de l'horizon de croissance d'une zone pour pose d'un bac à sable B. Réutilisation de la terre végétale pour la fosse de plantation
	Gestion	Circulation (compaction) Stockage de matériaux Modification de la couverture du sol			 Revégétalisation après le passage d'un engin pour la plantation d'un arbre (Photo A : 14/04/2024, Photo B : 14/05/2024 et Photo C : 21/06/2024) au parc Saint-Serge (Angers)
Centré sur le bâtiment et les infrastructures (VRD)	Construction	Décapage Stockage des matériaux Déstockage des terres Circulation (compaction) Modification de la couverture du sol Transport			Les terres excavées de l'extension de l'Hôpital Troussau à Chambray-les-Tours (A © Marine Rondonnier-FranceTV) sont valorisées sur une parcelle agricole (B) via un accompagnement de l'entreprise Terra Innova (© Terra Innova)
	Réhabilitation/Entretien/Gestion	Stockage des matériaux Déstockage des terres Circulation (compaction) Décapage Modification de la couverture du sol			A. Stockage temporaire de la terre décapée pour la réhabilitation d'une portion du GEVES (Angers -07/2024) B. Travaux d'isolation par l'extérieur d'un bâtiment, nécessitant des déplacements sur les sols en pied de façade du NPNRU Monplaisir (Angers - 06/2024)

Pour illustrer la pluralité des actions en lien avec les sols, on peut citer l'exemple de l'enquête J (Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants), qui va veiller dans ses fonctions à l'utilisation de plaques de répartitions pour les abatteuses lors de travaux sur les arbres, que cela soit par les prestataires ou par ses équipes.

« M1 : L'utilisation des plaques de répartition, c'est est assez routinier pour ces interventions-là ?

E1 : Ah, ils n'ont pas le choix. Même nous, sur nos nacelles, on a des plaques de répartition. Là, on a fait ça début octobre donc le sol était assez portant. On n'avait pas encore eu des grosses pluies, tout était bon.

M1 : La prise en compte des sols comme ça, ce n'est pas un enjeu pour vous ?

E1 : Les sols ? Ah si. Là, par exemple, pour les chantiers d'élagage sur le parc, moi, je sollicite mes collègues jardiniers pour qu'ils me fassent part de leur demande d'élagage pour que je puisse intervenir au plus tard fin septembre sur les sols portants. »

Tableau 7 : Opérations de chantiers en lien avec le sol sur site (©J.LARGUET)

Terminologie d'actions	Définition
Installation de la base vie et des installations d'hygiène	Pour les chantiers d'une durée de plus de 4 mois, l'employeur a obligation de prévoir une base vie et des installations d'hygiène. Ces installations peuvent avoir une emprise spatiale dont il convient d'anticiper le positionnement. Dans certains cas, l'occupation temporaire d'installations existantes à proximité est envisageable (ex : WC public, logement vacant...).
Stockage des matériaux	Pour les besoins du chantier, l'emprise spatiale des matériaux déposés issus de la déconstruction ou bien des matériaux externes pour la construction doit être anticipée pour éviter certains impacts.
Gestion des eaux de ruissellement et eaux souterraines	Par analyse de la topographie, consiste à réaliser des merlons, cunettes, fossés provisoires ou boudins de rétentions provisoires sur le bassin versant amont du chantier pour éviter ou réduire les ruissellements sur des zones de travail
Préverdissement	C'est une technique qui place la réalisation d'interventions sur l'environnement (ex : ensemencements, plantations...) avant la réalisation des constructions notamment afin d'améliorer l'efficacité de leur inclusion dans l'environnement (Figure 13). Le pré-verdissement est idéal pour les chantiers de longue durée (>6mois) pour les terrains en attente d'aménagement, les stocks de terre (andains) pour éviter la colonisation par des espèces rudérales spontanées, ou des espèces exotiques envahissantes. On peut transposer la notion de préverdissement à la période de transition entre une phase de terrassement estivale et la phase de plantation de végétaux ligneux allant pour les arbres à racines nues généralement de mi-novembre à mi-mars ou jusqu'à fin avril pour ceux en motte.
Nivellement/réglage	Mise à niveau du sol en léger déblai ou remblai conformément à une référence. Cette opération concerne l'ensemble des couches mises en œuvre
Décapage, décapement ou retroussement	Action de retirer des couches de sol sans mélanger les différents horizons identifiés préalablement. Cette action est déterminée selon des côtes ou des niveaux prédéfinis
Excavation	Résultat d'une action visant à creuser un terrain. Il existe plusieurs types d'excavations (fouille, tranchée)
Purge	Opération consistant à remplacer un sol inapproprié par des matériaux appropriés
Stockage provisoire des terres	Afin de permettre une réutilisation locale des matériaux décaissés, notamment pour de futurs travaux de plantation. Le stockage peut être en andain qui est une forme linéaire à section triangulaire
Mélange et homogénéisation	Des composants minéraux et organiques peuvent être mélangés sur place à l'aide d'un chargeur sur roues
Déstockage de terres et remédiations éventuelles	Moment de contrôle des préconisations de stockage suivi directement soit d'un atelier de mise en œuvre, soit d'un atelier de remédiation en cas de non-respect de préconisations puis d'un atelier de mise en œuvre
Circulation de véhicules sur le sol ou application d'une autre charge	Selon les conditions climatiques et les propriétés des sols en place exposés, leur type de couverture, la circulation d'un véhicule/engins peut impacter la structure du sol dans le temps et donc certaines potentialités.

5.1.1.4.2 *Impacts des matériels employés*

En termes de matériel, les engins utilisés dans les chantiers en lien avec les espaces publics paysagers peuvent faire exposer un certain poids aux voies d'accès ou sols et engendrer de la compaction. En contexte forestier, (Cambi et al., 2015) expliquent qu'outre leur poids, l'interaction entre la surface du sol et l'engin est le premier déterminant de l'effet du tassement. Le poids est à contraster avec différents paramètres de l'engin :

- Le type du véhicule utilisé, qui fait varier la surface de contact avec le sol, qui à son tour détermine le degré de compactage du sol.
- L'augmentation de la surface de contact entre la masse compressant et le sol fait diminuer la dégradation issue de la compaction (Hillel, 2003).
- Concernant les engins pneumatiques, l'augmentation du nombre des pneus conduit à diminuer la surface de contact et par suite influerait sur la pression sur le sol. La taille des pneus et leurs états de gonflage affecteraient également la surface de contact. Le nombre de passages a également un rôle important sur la compaction et l'orniérage (Sakai et al., 2008).
- Le multi-passage sur la même voie du véhicule provoquerait des niveaux irréversibles de tassement, mais ceux-ci sont déjà très importants dès les premiers passages
- L'utilisation des tracks à la place des engins pneumatiques contribue à augmenter la surface de contact avec le sol. Cependant, l'utilisation de l'un ou l'autre de type de véhicule dépend de l'état du terrain, notamment l'humidité, son inclinaison, le type du sol, et l'opération d'aménagement à réaliser (Cambi et al., 2015). D'une manière générale, les tracks sont utilisés dans les terrains dans les cas des pentes, tandis que les engins pneumatiques sont préférés dans un terrain plat ou d'une inclinaison faible (Cambi et al., 2015). Les tracks sont aussi favorisés dans les cas d'un sol très sensible au tassement, et pour les opérations qui se déroulent dans une période où l'humidité du sol est élevée. Toutefois, la différence en degré de contrainte exercée sur le sol entre les tracks et les machines pneumatiques est insuffisamment important dans le cas de passages fréquents.

5.1.1.4.3 *L'efficacité des traitements de protection*

Lichter et Lindsey (1994) ont évalué l'efficacité de 5 traitements de protection de surface différents pour prévenir le compactage du sol. Les cinq traitements étaient les suivants : paillis, gravier, paillis/géotextile, paillis/grille et contreplaqué, paillis/géotextile, paillis/grille et contreplaqué. L'étude a été menée sur un terrain de Californie sur un sol limono-argileux découpé en 6 (5 traitements/1 témoin) et montre que les chargeurs frontaux, souvent utilisés sur les sites nivelés, augmentent significativement la densité des sols de surface. Des traitements protecteurs de surface, comme le paillis, peuvent réduire cette compaction. Prévenir efficacement la compaction des sols requiert une approche intégrée dès la conception du projet, impliquant tous les membres de l'équipe de développement, y compris les arboristes et consultants horticoles. Les infrastructures devraient être placées loin des zones racinaires des arbres et ces zones devraient être clôturées durant toute la construction pour éviter la compaction. Dans les zones non clôturées, sujettes au passage, une couche de 15 cm de paillis est recommandée par les auteurs pour protéger le sol. Bien que ces traitements réduisent la compaction, ils ne l'éliminent pas complètement. Une approche multifacette, incluant l'utilisation d'équipements légers et la gestion des itinéraires de trafic, est essentielle pour minimiser la compaction des sols. Randrup et Dralle (1997) se sont ensuite intéressés à divers sites de construction à Frederiksborg, Roskilde et Copenhague au Danemark, avec des textures typiques du sol dans cette région, dominée par des sols argileux glaciaires. Ils ont évalué certaines questions liées à la planification et à la conception : (i) la mesure dans laquelle les architectes paysagistes et les jardiniers ont été impliqués dans la mise en œuvre de la conception du paysage, (ii) la manière dont la passation des marchés a été organisée, (iii) la qualité des spécifications des travaux et (iv) si des spécifications pour l'ameublement du sol ont été données. L'étude montre que les recommandations pour éviter la compaction du sol ne marchent

pas. L'implication d'architectes paysagistes, de jardiniers paysagistes, le type de contrat, ou les précisions techniques n'ont pas eu d'effet significatif sur les niveaux de compaction. Des différences non significatives entre les traitements sont jugées comme causées par de la compaction de sol involontaire. Si une certaine porosité du sol est nécessaire dans les zones de travail, les auteurs concluent que les spécifications doivent se concentrer sur la façon de protéger ces zones ou comment décompacter le sol ensuite.

Un spécialiste des sols sur chantier en Suisse évoque 5 dimensions à intégrer en phase chantier en ce qui concerne les sols :

- **L'humidité du sol**
- **Les circulations**
- **Le stockage, l'ensemencement, et la remise en culture de ces sols**
- **La revalorisation**
- **L'information et la sensibilisation**

« L'humidité des sols, ça c'est un truc incroyable. Le sol c'est pas une éponge, quand il est humide, et que tu mets une machine de 30 tonnes ou 40 tonnes dessus, il perd toute sa porosité, et donc du coup, il ne va pas revenir à son état initial, donc dès qu'il est compacté, il va perdre sa microporosité, ça c'est super important. Nous en Suisse, on a tout un laïus en fait sur la limite d'intervention des machines. Je vous invite à taper humiditesol.ch, vous allez tomber sur un site internet qui explique tout ça. Les limites d'intervention des machines, en fonction des poids des machines, les pressions au sol des machines, je pense que c'est le premier gap. Ensuite, ce qui est important à prendre en compte, c'est la protection des sols au sens des circulations, des pistes de chantier, et comment mettre en place des pistes de chantier sur des sols afin de les protéger, pour répartir les poids des camions et ou machines qui pourraient être amenés à circuler et transporter des matériaux lourds. Et puis après, un des gros enjeux, c'est la revalorisation. Valorisation dans des conditions correctes, c'est-à-dire quand il ne pleut pas, ou quand les matériaux peuvent être manipulés. Pareil, sur humiditedesol.ch, vous allez trouver des limites de manipulation des matériaux terreux qui sont assez importants. Je pense qu'en fait, la Suisse, pour ça, est un des pays, les plus en avance sur la protection des sols, et sur le cadre légal, et sur les directives en vigueur. Et ensuite, un des objectifs les plus importants aussi, si c'est le troisième point que je devais aborder, c'est le stockage, l'ensemencement, et la remise en culture de ces sols. Bien évidemment, le gazon, où tout le monde veut passer la tondeuse trois fois par semaine, c'est pas terrible. Il faut avoir une approche de gestion des espaces urbains un peu plus extensive, et puis utiliser des mélanges grainiers qui soient moins côté pelouse, mais plus du côté restructuration des sols, et jouer sur la profondeur, la largeur, et l'importance de l'agrégation due à la vie des plantes, et réaugmenter tout de suite la biodiversité dans les sols, plutôt que d'uniformiser cette biodiversité qui n'a pas d'impact sur la structuration et sur la fertilité à long terme des sols. Ça, c'est un peu les trois piliers que je dirais dans le terme du chantier. Et puis après, c'est le quatrième pilier, non moins important, c'est l'information, l'information et la formation des personnes qui sont dans le scope des chantiers, donc conducteurs de chantier, contre-maîtres, et l'importance, en fait, de la formation des entreprises qui doivent être, en fait, dans le triptyque, autorités suivies de chantier, donc par des bureaux indépendants, et entreprises. Et ça, c'est super important à mettre en place, parce que si vous n'avez pas l'entreprise qui est sensibilisée, alors ça doit passer par un mouvement autoritaire, c'est-à-dire de mise en place du cadre légal, de directives, etc. » (H. Ingénieur agro-pédologue, CEO d'un bureau d'études d'expertises pédologiques en Suisse)

5.1.1.5 Exposition potentielle des sols et des eaux aux aléas météorologiques et autres sources d'impact

L'impact sur les sols des techniques évoquées semble d'autant plus critique en fonction d'aléas climatiques (vent, pluie, sécheresse). Dans le cas de travaux utilisant des engins, les travaux de manipulation

de terres ou de circulation doivent être effectués sur des sols secs et friables, suffisamment ressuyés pour diminuer l'impact sur la structure du sol, mais éventuellement légèrement humides pour diminuer l'envol de particules qui affecteraient la qualité de l'air. De façon générale, la période idéale de travail sur des sols non scellés est en période de végétation (mai à septembre). Toutefois, cette période optimale n'est pas exempte d'un risque de pluies et le risque pour les sols est prégnant car celui-ci est généralement découvert de sa végétation pendant ces travaux de terrassement. Un test tactile par un spécialiste ou des mesures de force de succion du sol par tensiomètres permettent de préciser ces interventions en fonction des conditions spécifiques du site.

Contrairement aux autres sources d'impacts, la prédictibilité des aléas naturels est complexe et cela est source de dilemmes économiques pour les entreprises de travaux comme l'explique un chargé d'études et de travaux expérimenté d'un pôle Maîtrise d'Ouvrage et Maîtrise d'œuvre d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants (**Enquêtés C**) :

« E2 : Alors ça, c'est bien, sauf que dans la profession, eux, ils ne peuvent pas trop... [E2 : Ça dépend des travaux, oui]. ... congédier leur personnel. Et le fait de prendre une décision comme ça d'arrêt, ils peuvent aussi avoir du matériel qui va rester immobilisé sur le chantier. Ils pourraient très bien nous réclamer sur le chantier des indemnités pour du matériel qui va rester à rien faire sur le chantier et qui va leur coûter. Donc le maître d'ouvrage évite de prendre ce genre de décision. Il attend plutôt que l'entreprise vienne vers elle en disant, « là, je suis bloquée, je ne peux plus vraiment travailler ». Et là, on déclenche sur demande de l'entreprise un OS (au sens Ordre de Service d'arrêt). Et du coup, c'est eux qui sont responsables. Après, c'est les bisbilles de responsabilités. Travailler en mauvaise condition, ça peut aussi avoir des impacts, vous pouvez tasser les sols, par exemple. Vous pouvez dégrader un peu plus l'environnement en place. Donc, ce n'est pas toujours... Moi, j'ai alerté, parce qu'en disant, attention, là, je vois que vous commencez à faire des ornières. Moi, je ne souhaite pas non plus défoncer tout l'existant, quoi. Donc, on peut aussi être amené à les freiner ou les prévenir. Attention, vous allez devoir réparer ça dès que les conditions sont revenues. Donc, ça coûte.

M1 : Oui, mais parce que, en fait, dans ces moments-là, ils ne sont pas payés quand ils ne peuvent pas travailler ?

E2 : Non, non, non, on ne va pas les indemniser pour des jours d'arrêt. Non, c'est vraiment une... Il y a vraiment... C'est l'économie qui dirige le chantier »

Les chantiers de bâtiments ou de travaux publics sont une source potentielle de matériaux biotiques et xénobiotiques pour les milieux aquatiques ou les futurs espaces verts qui les accompagnent. On peut citer lors de la phase chantier, les émissions de microplastiques du fait de l'usure des pneus (Boucher & Friot, 2017), les risques de fuites d'huiles hydrauliques, de carburant, d'où la présence parfois de kits anti-pollution en cas d'incidents ou de protocole concernant le matériel susceptible de déverser ces polluants :

« Après ça peut être lié aussi par exemple au déversement de produits, par exemple le carburant des engins de chantier, en fait il y a des protocoles qui ont été mis en place en amont du chantier, qui ont permis d'anticiper ça. Je ne crois pas que ce soit spécifique au chantier de Reculée, mais ce n'est pas non plus généralisé, mais sur nous ce chantier, avant le début des travaux, on a fait signer aux entreprises une charte chantier vert, qui identifiait les différents enjeux en matière de sécurité, d'environnement, je ne sais plus dans le détail, mais en tout cas on avait identifié tous ces enjeux-là, notamment grâce à l'étude d'impact qui a été réalisée en phase d'études, et avec ces enjeux-là, la maîtrise d'œuvre a rédigé à notre demande une charte chantier vert que les entreprises ont signée pour s'engager justement à avoir des bonnes pratiques sur tous les enjeux liés à l'environnement, mais ça a aussi englobé la sécurité et des choses un peu plus classiques, donc je sais qu'il y avait des éléments liés aux inondations, aussi par exemple le transport, le stockage des matériaux, de ne pas avoir des choses trop proches de l'eau, il y avait plein de choses comme ça, et cette charte-là est signée dans le marché des entreprises, donc il y a un engagement de leur part qui est fait, mais ce qui est important derrière c'est de s'assurer de sa bonne exécution, et je me rends

compte que dans la réalité ce n'est pas toujours évident, mais on est quand même accompagné par un bureau d'études en environnement » (I. Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte)

- Le risque d'érosion éolienne ou hydrique de dépôt terreux ou de zones de pleine terre décapées (perte de la végétation) par terrassement notamment sur les zones en pentes (berges...) ou à proximité de cours d'eau.

« Mais ça a aussi englobé la sécurité et des choses un peu plus classiques, donc je sais qu'il y avait des éléments liés aux inondations, aussi par exemple le transport, le stockage des matériaux, de ne pas avoir des choses trop proches de l'eau, il y avait plein de choses comme ça, et cette charte-là est signée dans le marché des entreprises, donc il y a un engagement de leur part qui n'est fait, mais ce qui est important derrière c'est de s'assurer de sa bonne exécution, et je me rends compte que dans la réalité ce n'est pas toujours évident » (I. Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte)



Figure 12 : Zone de stockage temporaire de matériaux sur le chantier 1 à proximité du cours d'eau (© J.LARGUET, 2024) questionnant de la complexité (et l'utilité) d'aligner les actes sur les paroles tant cette zone semble idéale comme zone tampon pour les matériaux.

En effet, un éventuel apport de matières en suspensions peut entraîner une augmentation de la turbidité et impacter les dynamiques aquatiques. L'érosion hydrique se compose de deux phases, l'ablation du substrat puis le transport et le dépôt des sédiments érodés (Rey et al., 2004). En effet, d'une part la végétation limite l'ablation car, selon la densité de surface foliaire et sa structure aérienne, elle joue un rôle de protection mécanique par l'interception des gouttes de pluie, diminuant l'énergie de l'érosion pluviale, limitant l'effet splash pouvant se caractériser par une croûte argileuse (battance) sur les sols à nu, résultant de détachements de la matière, croûte limitant l'infiltration de l'eau. D'autre part, la végétation réduit l'ablation en diminuant l'énergie de ruissellement. La régulation hydrologique jouée par la végétation a pour effet de diminuer la quantité, la concentration et le débit du ruissellement. Les végétaux permettent, en effet, d'améliorer la cohésion des sols et donc de renforcer leurs propriétés mécaniques. La végétation peut exercer un effet favorable sur la sédimentation des particules, grâce à des processus de piégeage et de rétention d'une partie des sédiments érodés à l'intérieur d'un bassin versant. En termes de protection contre l'érosion hydrique, les formations végétales (arborées, herbacées, arbustives) vont avoir des influences différentes selon les contextes mais pouvant être complémentaires. L'herbe – ou le gazon – présente notamment la particularité de bien recouvrir le sol et ainsi d'offrir de bonnes possibilités de stockage d'eau en profondeur. Tout cela concorde à l'importance du génie végétal en phase travaux comme entre la période de terrassement et la période de plantation qui vont différer en termes de saisonnalité.



Figure 13 : Couvert végétal temporaire semé en future zone de plantation (© J.LARGUET)

5.1.2 L'ÉVALUATION DES RISQUES POUR LA BIODIVERSITÉ EXPOSÉE SUR L'EMPRISE CHANTIER

5.1.2.1 Les politiques urbaines et la réglementation comme source d'impact pour la biodiversité urbaine ?

La gestion de la biodiversité est sélective, car toute la biodiversité ne nous est pas toujours favorable, on protège la biodiversité car elle est au cœur de nos économies, pour s'habiller, se nourrir, se soigner, respirer, se loger... On protège aussi la biodiversité par principe de précaution car nul ne peut prétendre la connaître intégralement et donc prédire des conséquences de son effondrement partiel.

Cinq pressions sur la biodiversité ont été clairement identifiées par le rapport de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (Millennium ecosystem assessment, 2005) : la modification des habitats, les espèces envahissantes, la surexploitation des ressources, la pollution et le changement climatique. Le chapitre 2.2 du rapport de l'IPBES de 2019 place l'altération des habitats au rang de la principale cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle planétaire (Purvis et al., 2019). Les deux principaux facteurs d'altération seraient l'extension des terres agricoles et la croissance des zones urbaines et des infrastructures. Face à cette prise de conscience, les lois Solidarité et Renouvellement Urbain (2000), Grenelle II (2010) et ALUR (2014) visaient à limiter la périurbanisation à travers les documents d'urbanisme. La loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche (2010) a fixé un objectif de réduction de moitié à l'horizon 2020 du rythme d'artificialisation des terres agricoles. Le plan biodiversité, publié en juillet 2018 est venu conforter et renforcer cette ambition en fixant un objectif de Zéro Artificialisation Nette (ZAN) accompagné de la loi pour l'Évolution du Logement de l'Aménagement et du Numérique (ELAN) en novembre 2018 qui encourage les collectivités territoriales à développer des projets locaux d'intensification urbaine, afin de diminuer l'étalement urbain. Ces dynamiques de densification sous-jacentes posent des questions sur la faisabilité de concilier des objectifs de **renaturation** et de densification. De même que l'impact spatial de la ville dense par ses espaces servants : production électrique, mines, usines, décharges, entreposage, logistique, zones de traitement des déchets et des eaux usées etc... laisse entrevoir de potentiels effets rebonds.

La biodiversité urbaine est un enjeu hétérogène (Jones et al., 2022) qui dépend des interactions biotiques et abiotiques dans la ville. L'« état sauvage » est la qualité relative d'être sauvage ou non domestiqué, englobant un large éventail de contextes paysagers, d'influences anthropiques et d'échelles allant des îlots résiduels de végétation urbaine aux vastes zones vierges, en passant par les régimes de perturbation et les processus biogéochimiques (Noss, 2020). Dans la ville de Vitoria-Gasteiz en Espagne, Aznarez *et al.* (2022) ont montré que les espaces verts urbains périphériques sont associés à un état sauvage et une qualité d'habitat plus élevés et présentent une corrélation positive avec la biodiversité, contrairement aux espaces plus petits et situés au centre, qui sont plus exposés aux menaces. Leurs résultats suggèrent que les petits espaces verts, tels que les parcs et les places, ne parviennent pas à soutenir efficacement la biodiversité urbaine, en raison de leur forte exposition et de leur vulnérabilité aux menaces, en particulier dans les zones centrales. Toutefois, en offrant aux gens la possibilité de se connecter à la « nature », les espaces verts sont essentiels pour réduire « l'extinction de l'expérience » que décrivent (Soga & Gaston, 2016) et l'aliénation de la nature, qui seraient les principaux moteurs de la perte de biodiversité et de l'injustice environnementale.

La biodiversité urbaine n'est pas un sujet volontaire mais bien réglementaire. La préservation des espèces protégées, tant animales que végétales, est un principe d'intérêt général inscrit dans la loi du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature, codifiée aux articles L. 411-1 et suivants du code de l'environnement. Ce code établit un système de protection stricte pour certaines espèces sauvages de faune et de flore. Il est formellement interdit de détruire, capturer, transporter, perturber intentionnellement ou commercialiser ces espèces. Ces interdictions s'appliquent également à leurs habitats, pour lesquels la réglementation peut interdire toute destruction, dégradation ou altération. Dans certains cas législativement encadrés, des dérogations peuvent être obtenues à condition qu'aucune autre solution satisfaisante n'existe. La liste des espèces protégées est déterminée par arrêté ministériel. Parmi ces espèces protégées au niveau

national, certaines vivent dans nos villes : chauves-souris (*Chiroptera*), le Hérisson d'Europe (*Erinaceus europaeus*), le Martinet noir (*Apus apus*), l'Hirondelle rustique ou de fenêtre (*Hirundo rustica* pour l'Hirondelle rustique et *Delichon urbicum* pour l'Hirondelle de fenêtre), ou encore le grand capricorne (*Cerambyx cerdo*). Ainsi, les règles d'urbanisme doivent se conformer au principe d'intérêt général de préservation de ces espèces. Les projets doivent être conçus et menés à bien sans porter atteinte aux espèces de faune et de flore sauvages protégées et à leur habitat. L'article L.110-1 du code de l'environnement explicite la séquence Eviter/Réduire/Compenser qui a pour objectif l'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité : « *éviter les atteintes à la biodiversité et aux services qu'elle fournit ; à défaut, d'en réduire la portée ; enfin, en dernier lieu, de compenser les atteintes qui n'ont pu être évitées ni réduites, en tenant compte des espèces, des habitats naturels et des fonctions écologiques affectées. Ce principe doit viser un objectif d'absence de perte nette de biodiversité, voire tendre vers un gain de biodiversité* ». La séquence est applicable pour tout projet, plan ou programme soumis à une **évaluation environnementale** ou tout projet soumis à diverses procédures relevant du code de l'environnement.

5.1.2.2 Le diagnostic écologique : une question organisationnelle ?

Selon Clergeau (2019), l'application de la réglementation sur la biodiversité nécessite des diagnostics géographiques, paysagers et écologiques avant même la conception des projets urbains. Bien que les chantiers urbains soient rarement soumis à l'évaluation environnementale en raison de leur petite surface², des outils comme les atlas de la biodiversité communaux (ABC) et les compétences des acteurs locaux peuvent fournir des informations précieuses pour poser un diagnostic initial faune/flore et concevoir en

Tableau 8 : Typologie EUNIS de niveau 2 et 3 (habitats artificialisés) du référentiel HabRef pour déterminer la potentialité écologique de chaque type d'habitat d'un site en chantier en établissant des liens habitats-espèces

C - Eaux de surface continentales	J - Zones bâties, sites industriels et autres habitats artificiels
C1 - Eaux dormantes de surface	J1.1 - Bâtiments résidentiels des villes et des centres-villes
C2 - Eaux courantes de surface	J1.2 - Bâtiments résidentiels des villages et des périphéries urbaines
	J1.3 - Bâtiments publics des zones urbaines et périphériques
E - Prairies; terrains dominés par des herbacées non graminoides, des mousses ou des lichens	J1.4 - Sites industriels et commerciaux en activité des zones urbaines et périphériques
E7 - Prairies peu boisées	J1.5 - Constructions abandonnées des villes et des villages
	J1.6 - Sites de construction et de démolition en zones urbaines et suburbaines
F - Landes, fourrés et toundras	J1.7 - Habitats résidentiels très denses, temporaires
FA - Haies	J2.1 - Habitats résidentiels dispersés
FB - Plantation d'arbustes	J2.2 - Bâtiments ruraux publics
	J2.3 - Sites industriels et commerciaux encore en activité en zone rurale
G - Boisements, forêts et autres habitats boisés	J2.4 - Constructions agricoles
G1 - Forêts de feuillus caducifoliés	J2.5 - Délémitations construites
G2 - Forêts de feuillus sempervirents	J2.6 - Constructions abandonnées en milieu rural
G3 - Forêts de conifères	J2.7 - Sites ruraux de construction et de démolition
G4 - Formations mixtes d'espèces caducifoliées et de conifères	J4.1 - Sites routiers, ferroviaires et autres constructions désaffectées sur des surfaces dures
G5 - Alignements d'arbres, petits bois anthropiques, boisements récemment abattus, stades initiaux de boisements et taillis	J4.2 - Réseaux routiers
	J4.3 - Réseaux ferroviaires
I - Habitats agricoles, horticoles et domestiques régulièrement ou récemment cultivés	J4.4 - Pistes d'aviation et aires de stationnement des aéroports
I1.1 - Monocultures intensives	J4.5 - Surfaces dures des ports
I1.2 - Cultures mixtes des jardins maraîchers et horticulture	J4.6 - Surfaces pavées et espaces récréatifs
I1.3 - Terres arables à monocultures extensives	J4.7 - Parties construites des cimetières
I1.4 - Cultures inondées ou inondables, y compris les rizières	J5.1 - Plans d'eau stagnante salée et saumâtre très artificiels
I1.5 - Friches, jachères ou terres arables récemment abandonnées	J5.2 - Eaux courantes très artificielles salées et saumâtres
I2 - Zones cultivées des jardins et des parcs	J5.3 - Eaux stagnantes très artificielles non salées
	J5.4 - Eaux courantes très artificielles non salées
	J5.5 - Fontaines et cascades non salées fortement artificielles
	J6.1 - Déchets provenant de la construction et de la démolition de bâtiments
	X - Complexes d'habitats
	X01 - Estuaires
	X06 - Cultures ombragées par des arbres
	X07 - Cultures intensives parsemées de bandes de végétation naturelle et/ou semi-naturelle
	X09 - Pâturages boisés (avec une strate arborée recouvrant le pâturage)
	X10 - Bocages
	X11 - Grands parcs
	X13 - Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus caducifoliés
	X14 - Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus sempervirents
	X15 - Terrains faiblement boisés avec des conifères
	X16 - Terrains faiblement boisés avec des arbres feuillus et des conifères
	X20 - Écotones de la limite de développement des arbres
	X22 - Petits jardins non domestiques des centres-villes
	X23 - Grands jardins non domestiques
	X24 - Jardins domestiques des villes et des centres-villes
	X25 - Jardins domestiques des villages et des périphéries urbaines

² En effet, sont concernés par une évaluation environnementale les projets de travaux, constructions et opérations d'aménagement de la catégorie 39 dans l'article annexe à l'article R122-2 - Code de l'environnement dans sa version en vigueur du 12 juin 2024.

conséquence. Cependant, ces connaissances sont souvent partielles notamment sur les sols, et certains taxons, peuvent être moins étudiés.

L'identification des habitats du site et de ses environs directs peut permettre d'avoir une idée d'espèces potentiellement présentes permettant d'estimer l'écopotentialité d'un site en associant les habitats déterminés aux espèces connues pour pouvoir y habiter (Tableau 8). Les spécialistes peuvent ensuite confirmer la présence d'espèces spécifiques et renseigner sur leur période de sensibilité et préconiser des mesures d'évitement/réduction/compensation spécifiques (travaux par tranche...). En cas d'espèces protégées avérées, un suivi et un accompagnement particuliers en phase travaux sont réalisables afin de partager les responsabilités :

« On avait déjà fait ce temps là pour un autre sujet au début du chantier sur avec la pour le coût l'environnement où on avait fait un tour pour présenter les secteurs où il y avait des espèces protégées, expliquer quelles étaient ces espèces-là, à quel moment on les observait tout ça et à la suite de ça l'entreprise avait mis des petits panneaux en fait sur place, des petits panneaux pas très grands mais avec un pictogramme attention espèces protégées, pour que les personnes qui interviennent sur le chantier puissent se rappeler qu'à cet endroit-là il y avait une zone où il fallait faire plus attention. » (I. Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte)

« Bah, éviter, c'était compliqué parce qu'on devait faire notre remise en sécurité. Par contre, on pouvait réduire. Donc, réduire, bah, il y avait différentes choses à faire. Les préférences, c'était travaux de nuit, ça tombe bien, on pouvait travailler que de nuits. C'était de faire venir l'écologue pour un diagnostic préalable avant de couper la branche. C'est-à-dire qu'on faisait monter l'écologue en nacelle. Lui, il regardait dans les cavités pour voir s'il y avait la présence ou pas. Il regardait avec son endoscope. Et puis, après, les élagueurs faisaient tomber la branche. Mais pareil, en rétention pour éviter qu'elle fracasse par terre. Tout était descendu tout doucement. Et puis, là, l'écologue rebelotte. Il recommençait au sol à revoir s'il y avait des traces ou pas d'habitants. Et puis, en mesure compensatoire, on a fait installer des nichoirs. » (J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants).

Le degré de coordination/échange d'informations entre les différents acteurs des phases de programmation, conception, et chantier semble varier considérablement. Or, la coordination est un enjeu majeur pour accorder les intérêts et actions d'acteurs hétérogènes par nature, au sein du réseau. Par coordination, on entend principalement la manière dont les acteurs s'arrangent pour ajuster leur activité (Nelson & Winter, 1985) et mettre en cohérence les compétences, outils et connaissances dont elles disposent. Par exemple, les travaux de réseaux sont soumis à diverses déclarations et peuvent entrer en conflit avec des enjeux liés aux infrastructures vertes. Certains services (espaces verts) peuvent donner des consignes pour minimiser/relativiser ces impacts car elles ont connaissance de certains enjeux. C'est le cas pour les chantiers de cours d'écoles pour lesquelles les services espaces verts peuvent avoir des informations sur l'état sanitaire des arbres et les transmettre pour concevoir et réaliser en conséquence. De plus, nombre de collectivités ont déjà travaillé sur des documents pour la protection des arbres sur chantier et de plus en plus de collectivités mettent également en place des chartes de l'arbre qui partagent certaines prescriptions techniques. Les procédures de déclaration de travaux, comme les DT et DICT, peuvent permettre d'anticiper et de réduire les risques pour les espaces verts en les considérant comme des infrastructures :

« C'est-à-dire que si je vois qu'il y a une emprise de travaux sur l'espace vert, je réponds qu'on est concerné. [...] Ce n'est pas comme ça que ça marche. Il y a une remise en état du gazon. Il y a éventuellement une remise en état des massifs avec replantation derrière. [...] Donc, on est vigilant là-dessus pour que ce ne soit pas la collectivité qui paye, mais bien le concessionnaire de réseaux qui est en charge de ces travaux-là » « Là, dans le cas de SOGELINK, je réponds pour l'ensemble des espaces verts. [...] Je fais une extraction du PDF. Je lui envoie par mail en disant qu'il y a des travaux dans ce secteur qui ne vont pas tarder à commencer. [...] Dès qu'il voit que les travaux ont commencé et que si personne ne l'a contacté entre-temps, voilà. Mais au moins, il peut après donner des consignes de remise en état » (J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants).

La temporalité de la coordination est alors également un enjeu car certaines conséquences seraient imputables à la conception qui n'a pas forcément rassemblé tous les éléments pour tracer un fuseau de moindre impact :

« Nous, ce qu'on apprécie, c'est qu'en amont, des chantiers, on nous consulte et qu'on donne notre avis. [...] Là, on est en amont du chantier. [...] C'est dès la conception du projet qu'on peut, avec eux, revoir les choses. » (J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants). Même constat pour un autre technicien : *« Là, c'est impeccable. C'est-à-dire que tu es tout en amont. [...] Tu regardes tout ça dès le départ avec le gars qui va faire le dessin du plan. Là, c'est nickel » (F. Chef de projet éco-aménagement et trame bleue d'une intercommunalité de 13 communes).*

La difficulté d'intégrer les écologues dans les fonctions de planification urbaine et d'espace public est notable, de même qu'une hiérarchisation arbitraire et hétérogène des enjeux écologiques par certains acteurs est expliquée par certains :

« C'est rentré dans la tête des gens que l'arbre est important [...]. Par contre, quand ils voient un petit buisson de fragonnette [...] ils passent le broyeur dessus pour mieux mettre leur borne alors que la fragonnette est plus vieille que le chêne » (F. Chef de projet éco-aménagement et trame bleue d'une intercommunalité de 13 communes).

Malgré certaines obligations réglementaires (arrêté sur le chancre coloré...), des facteurs comme le turn-over ou les connaissances naturalistes au sein de structures d'entreprises de travaux ou des services gestionnaires d'espaces verts peuvent faire questionner sur la pérennité de la connaissance de l'enjeu et des risques, de la réglementation et des méthodes associées d'où la pertinence de rappels fréquents et de sensibilisation ponctuels aux donneurs d'ordres et acteurs des travaux publics.

« L'entreprise qui s'est pris quelques pénalités financières ces dernières années, qui ne jouait pas trop le jeu. Parce qu'il y a eu du turnover dans l'entreprise aussi. Il ne faut jamais dire que c'est acquis. C'est une entreprise avec qui je bossais moi. Elle a fait de la désinfection dès le début. Elle travaillait pour nous en plus. Elle travaillait pour moi. Donc ça se passait super bien. Il y a eu du turnover dans l'entreprise, et en l'espace de 2 ans c'était vraiment une perte totale des bonnes pratiques. On a commencé à leur taper dessus avec des pénalités financières. Là, ils sont venus : ce serait bien qu'on ait une explication. Donc c'est très bien. » (J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants)

« Oui. Mais, à force d'y communiquer, à force d'y aller, c'est intéressant. Là, pareil, il y a un mois, un mois et demi, dans le cadre du gros chantier sur la promenade en bord de rivière. C'était l'entreprise de TP, ils avaient un gros chantier à faire sur les platanes. À la demande de la SEM et de l'entreprise, je suis intervenu. Je leur ai rappelé ce que c'était que les consignes de protection des arbres. Pourquoi on demandait à protéger les arbres. Je leur ai donné du sens. J'ai rappelé aussi le chancre coloré et quel pouvait être les conséquences si le chancre coloré arrivait chez nous. J'ai expliqué pourquoi on imposait tout ça. Après, on est allé sur le site parce qu'ils se posaient des questions sur les terrassements. Je suis allé avec eux. On l'a fait ensemble. Il y avait toute l'équipe qui était là. Plus l'équipe du chauffage urbain qui allait bosser sur un autre quartier. Deux équipes étaient là. J'avais une quinzaine de personnes. Je leur ai expliqué pourquoi on le faisait. Donner du sens, expliquer. C'est le plus important. Je leur ai dit que c'était toujours une histoire de compromis derrière. On n'est pas là pour nous imposer quelque chose en fermant les yeux et venir derrière et vous mettre des pénalités financières. Ce n'est pas ça. On veut protéger le patrimoine, le préserver. Le mieux, c'est d'anticiper. Le téléphone est là, vous m'appellez dès qu'il y a un problème » (Ibid)

En effet, pour prendre l'exemple du champignon pathogène envahissant *C. platani*, responsable du chancre coloré du platane, ce dernier est principalement dispersé par les activités humaines. Des mesures de précaution basées sur la désinfestation des outils et des machines sont recommandées pour les travaux à proximité de platanes, pour minimiser le risque d'infections (Gonthier & Nicolotti, 2013). Tous les outils et

machines utilisés sur les sites infectés doivent être soigneusement nettoyés et désinfectés avant de quitter le site. Des outils désinfectés doivent toujours être utilisés pour les opérations d'élagage et d'enlèvement des *Platanus spp.* dans les zones exemptes de maladie. Différents produits ont été recommandés comme désinfectants. En France, l'alcool dénaturé à 70 % est recommandé pour le traitement des petits outils. Pour les grandes machines, les désinfectants contenant des composés d'ammonium quaternaire, l'ortho-phényl-phénol et le sulfate de 8-hydroxyquinoléine, ont été recommandés.

La question des moyens humains et/ou économiques est donc centrale dans l'identification d'enjeux de biodiversité et pour l'instruction des dossiers de dérogation d'espèces protégées, avec des situations d'injonctions contradictoires de services publics qui n'ont pas les moyens de toujours travailler conformément à la réglementation :

« Donc, on a travaillé sur tout ce qui est qui chiroptères, oiseaux. On a travaillé aussi sur le grand capricorne. Ce qu'on fait, c'est qu'effectivement, s'il y a du grand capricorne, on va... S'il faut faire une mise en sécurité, on n'a pas trop le choix, on vient abattre un arbre, c'est qu'on n'a pas trop le choix. Donc, soit il est mort, soit... »

M1 : Du coup, il faut faire une déclaration, une dérogation d'espèce protégée ?

E1 : Oui, quand même, on devrait. Alors, on ne le fait pas systématiquement. C'est là-dessus qu'on est en train de travailler pour évoluer. Donc, moi, j'ai fait un exemple concret sur lequel, justement, on a fait des travaux de nuit sur les voies sur berges, ici, parce qu'on a fait expertiser l'année dernière. » (J. Technicien, responsable du patrimoine arboré d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants)

5.1.2.3 Focus sur la protection des arbres dans les chantiers urbains

Les **arbres** peuvent fournir d'importants services écosystémiques, parmi lesquels la purification de l'eau, le stockage du carbone, la production d'oxygène et la stabilisation des sols, et contribuent aux paysages et aux économies humaines. Les espèces d'arbres sont souvent des espèces fondatrices, qui définissent des écosystèmes entiers. Ils peuvent héberger une faune au statut protégé, comme le grand capricorne (*Cerambyx cerdo*), considéré comme une espèce parapluie ou clef de voute, il se trouve notamment dans les chênes et sa présence peut même créer des cavités pour les serpents (Gottfried et al., 2019) ou certains chiroptères entre autres. A ces titres, la protection des arbres ressort dans plusieurs codes. Il existe des textes de lois et périmètres permettant de protéger les arbres en ville contre l'abattage et l'élagage, sauf en cas de danger (Espace Boisé Classé, Espace Végétalisé à mettre en Valeur, Zones Patrimoniales et Sites Patrimoniaux Remarquables, Allées et alignements d'arbres bordant une voie publique), mais il n'existe pas de textes de lois permettant de protéger ces mêmes arbres contre les dégradations qui peuvent leur être fatales. C'est ce vide que vient combler le barème de l'arbre pouvant être adopté par délibération du conseil municipal, dans les règlements voiries, générant des pénalités financières en cas de dégradations.

Au cours du processus de construction, des arbres peuvent être endommagés en raison des décisions de conception et des activités de construction, telles que le stockage des matériaux de construction, le déplacement des équipements de construction, etc. Parmi les facteurs qui devraient conduire à la protection des arbres sur un chantier de construction, trois semblent être d'une importance majeure : les exigences légales et leur application effective ; la prise de conscience de la valeur des arbres ou communautés végétales par le maître d'ouvrage et les professionnels impliqués dans le processus décisionnel ainsi que dans la planification et la supervision du projet ; les connaissances spécialisées des professionnels qui planifient et supervisent le projet. Si la décision de protéger les arbres peut résulter soit des dispositions légales, soit de la prise de conscience de la valeur des arbres, dans les deux cas, le choix d'une technique de protection appropriée peut nécessiter les connaissances spécialisées d'un professionnel (Suchocka et al., 2019). Selon Coder (1995), la sensibilisation du propriétaire d'un site à l'entretien et à la protection des arbres est un

facteur crucial pour une protection efficace des arbres. Despot & Gerhold (2003) considèrent que le manque d'espace est la raison la plus importante de la protection insuffisante des arbres sur les chantiers de construction.

5.1.2.3.1.1 Protection de la partie aérienne de l'arbre

Certains chantiers et travaux autour des arbres peuvent occasionner des risques de blessures des parties aériennes de l'arbre (tronc et houppier) et avoir un impact sur la santé, l'esthétisme, la structure de l'arbre, mais aussi la sécurité des personnes. La partie vivante du tronc (l'aubier) est située juste sous l'écorce sur seulement quelques millimètres. Bien que la physiologie de la plante puisse être adaptée au fait de perdre une partie d'elle-même, le chantier fait peser une incertitude sur les services pour lesquels des collectifs peuvent avoir investi en plantant ces arbres. C'est pourquoi, la mission de réalisation d'un plan d'installation et de circulation du chantier (PIC) semble pertinente pour anticiper les sources de perturbation pour les arbres. Le coût des protections spécifiques (

Figure 14) et leur temps de mise en œuvre ainsi que le temps de réalisation d'un éventuel PIC doivent être inscrits au BPU/DGPF... De même, la prise en compte de la hauteur du houppier par rapport à la circulation des engins de chantier peut être un élément à prendre en compte et à anticiper en zone contrainte. Une visite de pré-appel d'offre avec les entreprises de travaux de l'accord-cadre peut permettre,



avec les entrepreneurs, d'anticiper et de partager la responsabilité de décisions appropriées (taille de branche, redressement de branche, installation de protections...).

Figure 14 : Dispositifs (en haut) ou absence (en bas) de protection de troncs d'arbres situés dans des espaces publics paysagers divers (©J.LARGUET, 2024)

5.1.2.3.1.2 Protection racinaire et chantiers urbains

Les racines assurent l'ancrage de l'arbre au sol et le transport de la sève. Les radicelles et les poils absorbants permettent l'absorption de l'eau et des nutriments nécessaires à l'arbre. Plus largement, on peut parler de rhizosphère pour caractériser la région du sol sous l'influence de la racine. C'est une interface essentielle entre la plante et le sol, active par la présence de microorganismes, bactéries et champignons et leurs prédateurs. La racine influe sur les caractéristiques physico-chimiques de son environnement ce qui provoque des réponses de la microflore et de la microfaune qui l'accompagne influant sur la racine par rétroaction. Entre 20 et 50% de la matière photosynthétisée par la plante serait émise dans le sol par la racine vivante sous forme de polymères sécrétés, d'exsudats solubles, de cellules détachées et de lysats (Gobat et al., 2010). A cela s'ajoute les racines mortes venant alimenter la litière souterraine.



Les travaux de terrassement peuvent endommager les racines et donc la stabilité et la santé de l'arbre (C.A.U.E 77, 2017). Le compactage du sol, la modification du régime hydrique, l'écorçage ou l'amputation, le gel ou dessèchement des racines, la pollution du substrat ou encore les changements de niveau du sol (décaissement/remblaiement) peuvent perturber le système racinaire et donc l'arbre (C.A.U.E 77, 2017) selon sa capacité adaptative. Les mesures de préservation de la zone racinaire doivent donc être appropriées selon la situation (Figure 15) et se résument à des terrassements avec des outils manuels autour des racines avec parfois des outils comme des aspiratrices.

Figure 15 : À la demande de la DPJP d'Angers, l'entreprise travaux a recouvert les racines apparentes des platanes de la promenade de Reculée avec du sable pour prévenir un éventuel dessèchement. (© J.LARGUET)

Au besoin, pour adapter les travaux aux systèmes racinaires des arbres, il est possible de réaliser des sondages ou des études géotechniques qui sont non destructives sur site (détection et inspection géoradar, root detector) pour déterminer, dans certaines conditions, l'architecture racinaire. Toutefois, même avec des dispositifs techniques coûteux, il est en effet encore impossible de connaître avec précision et très haute résolution la répartition des racines dans le sol, et plus encore d'évaluer les conséquences des perturbations sur le fonctionnement des racines et donc sur la santé et sur la stabilité de l'arbre. En conséquence, des précautions au cas par cas sont à prendre en concertation avec les gestionnaires pour la protection de ces infrastructures vertes. Pour résoudre cette difficulté, le barème d'évaluation des dégâts causés à l'arbre (COPALME et al., 2020) reprend les principes d'autres méthodes de protection du système racinaire en adoptant un modèle parfaitement théorique de la méthode anglaise NJUG Guidelines for the Planning, Installation and Maintenance of Utility Apparatus in Proximity to Trees - Issue 2 : 16th November 2007. Les auteurs du barème d'évaluation des dégâts causés à l'arbre proposent une représentation schématisée du système racinaire (Figure 16) avec la distinction de deux zones circulaires centrées sur le collet de l'arbre : une zone racinaire très sensible (zone centrale), et une zone racinaire sensible (zone périphérique). Ces deux zones racinaires sont définies par leur rayon, mesuré à partir du contact entre le tronc et la terre, au niveau du sol. Le rayon de la zone racinaire très sensible varie avec la grandeur de l'espèce. La grandeur est une caractéristique de l'espèce définie par la hauteur maximale potentiellement atteinte par l'arbre dans des conditions normales afin de se baser sur un périmètre de protection racinaire non pas à l'instant t mais en anticipant également les besoins spatiaux futurs de l'arbre.

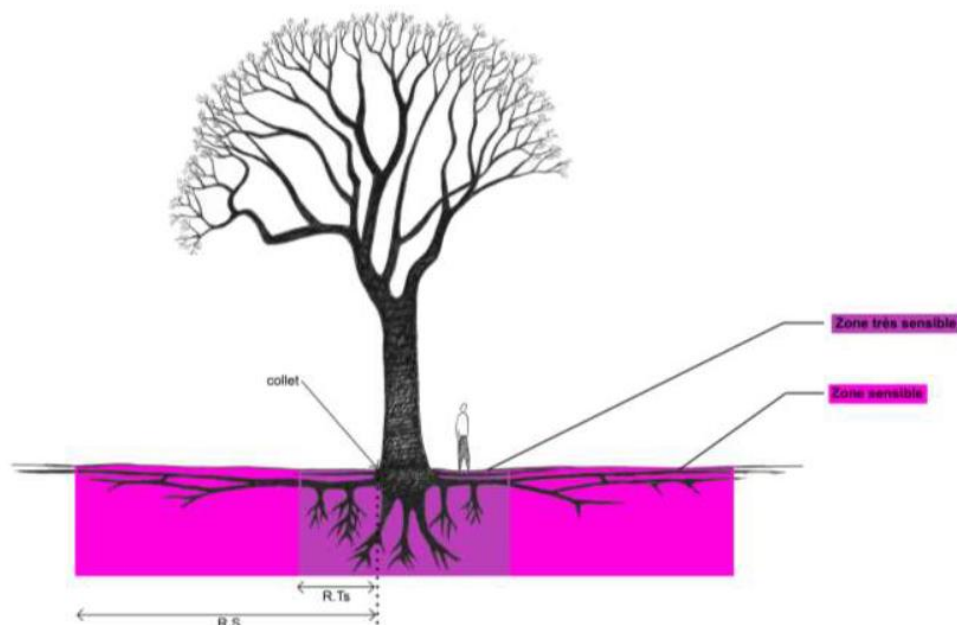


Figure 16 : Zonage des racines - vue de profil (© S. Larramendy, A. Meyer-Grandbastien - P&C)

Le rayon de la zone racinaire sensible varie ainsi d'une part avec la grandeur de l'espèce, et d'autre part avec les dimensions du tronc (Tableau 9) :

- Si la circonférence du tronc est inférieure à la valeur seuil, correspondant à une circonférence minimale du tronc et variant selon la grandeur de l'espèce, le rayon de la zone sensible a une valeur minimale constante (les valeurs sont données dans le tableau ci-dessous).
- Si la circonférence du tronc est supérieure à cette valeur seuil, alors le rayon de la zone sensible est calculé selon la formule : Rayon zone sensible = coefficient x circonférence du tronc (à 1,30 m du sol). Le coefficient (dont la valeur est donnée dans le tableau ci-dessous) varie aussi avec la grandeur de l'espèce.

Tableau 9 : Aide au calcul du rayon de protection de la zone très sensible et sensible d'après le modèle théorique de la méthode anglaise NJUG Guidelines for the Planning, Installation and Maintenance of Utility Apparatus in Proximity to Trees - Issue 2 : 16th November 2007 (© COPALME, CAUE77, Plante & Cité, 2020)

Grandeur du taxon	Rayon de la zone très sensible , mesuré à partir du collet		Rayon de la zone sensible , mesuré à partir du collet		Valeur seuil (circonférence du tronc à 1m30 ¹ au-delà de laquelle le rayon de la zone sensible s'accroît)
1 ^{ère} ($H_t > 20m$)	4 m	Rayon constant quelles que soient les dimensions de l'arbre	11,5 m	Rayon constant jusqu'à la circonférence de tronc ci-contre (à droite).	381 cm
2 ^{ème} ($15 < H_t < 20m$)	3,5 m		9 m	Au-delà, rayon croissant égal à : - 3 x circonférence du tronc à 1m30 pour 1 ^{ère} grandeur - 3,3 x circonférence du tronc à 1m30 pour 2 ^{ème} grandeur - 3,7 x circonférence du tronc à 1m30 pour 3 ^{ème} grandeur - 4 x circonférence du tronc à 1m30 pour 4 ^{ème} grandeur	276 cm
3 ^{ème} ($10 < H_t < 15m$)	3 m		7 m		191 cm
4 ^{ème} ($H_t < 10m$)	2 m		3 m		81 cm

Où H_t est la hauteur maximale potentielle, pour le taxon.

Dans la plupart des situations de chantiers urbains, il semble que l'intégralité du périmètre calculé n'est en réalité pas accessible aux racines et le rayon est donc à adapter localement au site afin de déterminer une zone de protection optimale (ZPO). La temporalité des conséquences du chantier sur la végétation en place peut rendre complexe l'attribution de la responsabilité aux travaux. Par exemple, pour le chancre coloré du platane, les symptômes peuvent apparaître jusqu'à quelques années après l'infection (Tsopeles et

al., 2017), d'où l'importance d'effectuer un suivi régulier de l'état de santé des arbres après les travaux et d'appliquer des soins appropriés pour favoriser leur récupération.

5.1.2.4 Le chantier et la pollution sonore

On peut penser à l'écologie du paysage en lien avec le chantier, c'est-à-dire son impact sur la structure initiale du paysage du site et les interactions des organismes présents au sein de cette configuration et donc les flux d'individus et de gènes. Mais on peut également compléter cela d'une approche par l'écologie sensorielle, c'est-à-dire la manière dont les organismes interagissent avec l'environnement modifié du chantier par le biais des sens, portant donc sur les flux d'informations. En effet, la sélection des habitats et les déplacements des animaux mobilisent directement leurs sens tels que la vue, l'ouïe et l'odorat pour se repérer dans l'espace, éviter des prédateurs ou poursuivre une cible. Partant de là, il paraît évident que certains organismes présents, étant donné la configuration spatiale, puissent être affectés par la modification de l'environnement sensoriel, notamment le bruit du chantier lié au fonctionnement d'engins et outils... L'écologie sonore est l'étude de la relation entre les organismes vivants et leur environnement sonore. Le son est un phénomène vibratoire qui se caractérise généralement par sa force, sa durée et sa hauteur. Le son ne devient un « problème » que quand il devient un bruit. La définition du mot bruit est subjective et complexe. Il est généralement associé à la notion de nuisance, de gêne et d'indésirabilité d'un ou de plusieurs sons. Le bruit dépend donc des seuils de sensibilité de l'individu récepteur en question aux sons. Le bruit va avoir des incidences différentes en fonction des taxons, il peut impacter potentiellement : le fonctionnement biologique, l'utilisation de l'espace, la communication, la reproduction, le comportement, et donc influencer sur la structure des écosystèmes (Sordello et al., 2020). Dans ce cas, on parle alors de pollution au bruit ou de pollution sonore. La pollution au bruit peut affecter les écosystèmes aquatiques, terrestres etc... et pourrait agir en synergie avec d'autres perturbations comme la pollution lumineuse et d'autres filtres biotiques et abiotiques.

Les infrastructures de transports sont le support d'une source d'exposition chronique au bruit, auquel les déplacements induits par le chantier (matériaux, engins, personnel...) contribuent sans nul doute. Les espèces présentes en ville sont donc probablement déjà habituées et déterminées par leur capacité à s'adapter à ce filtre (Francis et al., 2009). Si l'on devait les classer, ces bruits pourraient être considérés comme des bruits industriels mais on pourrait également les catégoriser dans des bruits récréatifs lors de chantiers participatifs par exemple. Le bruit est en effet une préoccupation de santé publique encadrée par le code de l'environnement. Les niveaux admis sont fixés par arrêtés municipaux, préfectoraux et par décrets (il s'agit notamment de la loi bruit 92-144 du 31/12/1992, codifiée aux articles L.571-10 et suivants du Code de l'environnement, et des décrets d'application 95-79 du 23/01/1995). Cette loi bruit a été confortée par la directive européenne de 2002 qui a mis en place un dispositif d'évaluation et de gestion du bruit dans les grandes agglomérations et à proximité des grandes infrastructures de transport. Ce dispositif prévoit l'élaboration de cartes de bruits représentant les zones exposées, à l'aide de courbes isophones (selon l'intensité sonore mesurée en décibels) et de plans de prévention du bruit dans l'environnement (PPBE) qui tendent à prévenir des effets de bruit, à réduire, si nécessaire, les niveaux sonores et à protéger les zones calmes (Figure 17). Dans les chantiers observés, il est difficile de juger de la nocivité du bruit ponctuel du chantier, tant cela paraît déjà être une injonction contradictoire avec le bruit préexistant diffus de l'environnement urbain, notamment du fait des transports routiers. Les actions varient dans le temps, celles-ci sont parfois dures à planifier et les ouvriers des entreprises de travaux, les premiers affectés par le bruit, sont soumis à des objectifs d'efficacité pour être rentables. Les questions de la pénibilité et des contraintes temporelles d'exécution du travail déterminent également l'usage de certains engins par rapport à certaines situations. Dans le cas des cours d'écoles, les entreprises du paysage sont notamment soumises au fait que les sites sont plus facilement accessibles pendant les périodes de vacances scolaires c'est-à-dire essentiellement lors des vacances d'été, avec la contrainte d'effectifs qui partent en vacances sur cette période. Dans le chantier 3.B, il a été question lors de réunions de chantier, de coordonner les activités bruyantes de l'entreprise avec les riverains et occupants, discussions associant le représentant de la maîtrise d'ouvrage, le conducteur travaux, le chef de chantier et les responsables du centre de loisir.

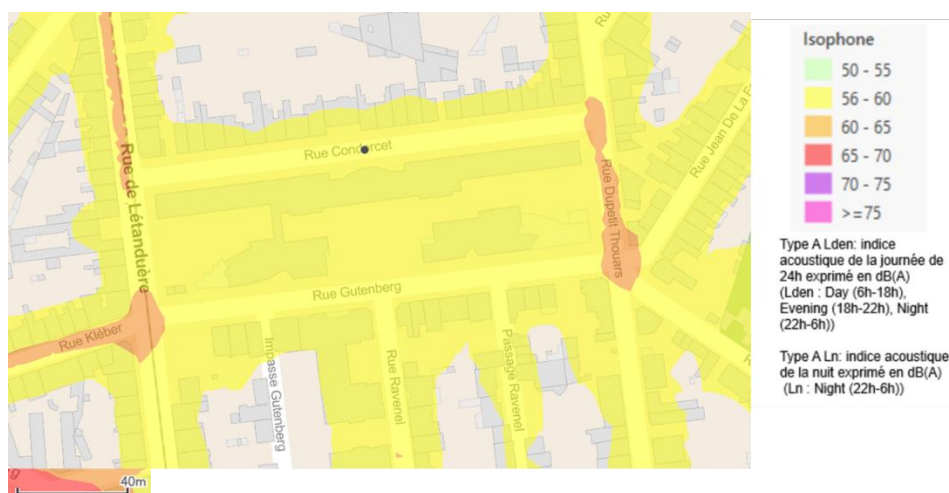


Figure 17 : Carte stratégique du bruit autour du chantier 3.B, niveaux sonores moyens sur une journée en décibels (dB) (©AngersLoireMétropole)

5.1.2.5 Qualité de l'air et émissions polluantes des chantiers

Depuis une quarantaine d'années, il a été établi scientifiquement que l'inhalation de particules fines solides avait un effet néfaste sur la santé humaine (Autrup, 2010). La qualité de l'air affecterait aussi certaines fonctions comme la pollinisation et donc potentiellement le succès reproductif des plantes. L'apparition et la gravité de l'un de ces effets sur l'homme vont dépendre de l'état de santé de la personne, de son âge et de sa durée d'exposition. Cela est très complexe à quantifier, de même que l'impact combiné de plusieurs sources de stress est à la fois complexe à étudier et potentiellement plus important qu'une seule source de pollution. Par ailleurs, l'Organisation Mondiale de la Santé estime que la pollution aux particules fines a une incidence sanitaire même à faible concentration et il n'a pas été identifié de seuil au-dessous duquel cette pollution n'affecte pas la santé. Comme tout, ce qui compte ce n'est pas la substance mais la dose, il est donc préconisé, toujours selon cet organisme, de mettre tout en œuvre pour limiter au maximum les niveaux de concentration des particules en suspension.

Les chantiers sont des sources anthropiques connues de particules dans l'air notamment en fonction :

- Du type de source : mobile ou fixe, continue dans le temps ou intermittente
- Des activités générées par le chantier :
 - Transport de matériaux : les émissions, l'envol de poussières liées à la circulation des véhicules. C'est pourquoi les camions transportant des matériaux susceptibles d'émettre des poussières sont équipés de bâches.
 - Les concentrations de polluants émis par les moteurs sur les chantiers sont à prendre en compte (CO, NOx, SO2, hydrocarbures, aldéhydes, PM). La pollution liée au roulage / freinage (PM) peut être prise en compte par une émission volumique au niveau du sol.
 - Le stockage des matériaux.
 - Les terrassements : la contribution du terrassement provient des moteurs des engins et de la mise en mouvement du sol.
 - Gros œuvre : déversement de matériaux, travaux mécaniques (découpe, perçage, etc.).

Les paramètres potentiels qui rentrent dans la dispersion sont multiples :

- Conditions météorologiques : actuellement, sur les chantiers de terrassement, la limitation de l'envol des poussières est principalement assurée par arrosage. En effet, l'envol des particules est fortement atténué lorsque celles-ci sont agglomérées par les gouttelettes d'eau.
- Caractéristiques de la source
- Composition des émissions (taille des particules, concentration, polluants gazeux)
- Environnement du chantier
- L'organisation globale du chantier

Finalement, pour réduire localement les impacts sur la qualité de l'air, le plus grand levier semble être de questionner l'utilité du projet ou de maximiser l'efficacité des déplacements de matériaux en optimisant le remplissage des camions de transport. Dans les faits, cela est déjà une préoccupation pour les entreprises afin de réduire les coûts (Figure 18).



Figure 18 : Zone de stockage tampon de l'enrobé pour remplissage d'un camion vers une entreprise (©J.LARGUET, 2024)

Parallèlement au débat sur les émissions de gaz à effet de serre, les émissions d'échappement produites par les moteurs à combustion ont attiré l'attention des décideurs politiques, conduisant à une série de mesures qui ont réussi à réduire cette part des émissions liées au trafic. De plus, la transition anticipée vers les voitures à moteur électrique devrait réduire encore les émissions d'échappement de particules fines (PM). Cependant, ce n'est pas le cas pour les particules d'usure des freins, des pneus et de la chaussée. L'interaction entre le pneu et la surface de la route entraîne nécessairement une connexion frictionnelle, et donc une réduction de ce matériau d'abrasion n'est pas à prévoir dans un avenir proche (Sommer et al., 2018).

5.2 VISION LARGE DES RISQUES DU CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER : L'EMPRISE DE SES FLUX (MATÉRIAUX, ÉNERGIE) ET LEURS IMPACTS POTENTIELS

5.2.1 BIODIVERSITÉ EX-SITU ET CHANTIERS D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER

5.2.1.1 L'importance d'une vision globale des chantiers

L'impact d'un chantier sur la biodiversité locale (« in situ ») est souvent le point d'attention majeur des projets. La biodiversité impactée en dehors du site de construction (« ex situ ») peut désigner celle des sites d'extraction des matières premières et de transformation, de transport, de transit ou encore les espaces de stockage ou de transformation des déchets (Brachet et al., 2019). Leur prise en compte est chose complexe dans l'évaluation du projet. Pourtant chaque matériaux ou énergie, entretient un lien et des impacts avec des écosystèmes quelque part où ils sont extraits. De plus, l'intensité du commerce international dans notre économie mondialisée est à l'origine d'une part importante des menaces pesant sur la biodiversité (Lenzen et al., 2012) et, même s'il existe une demande croissante d'informations environnementales sur les produits et services fournis sur le marché mondial, les consommateurs et les décideurs politiques ignorent encore souvent les impacts sur la biodiversité "cachés" dans les produits utilisés, importés. La crainte que la consommation humaine ne soit à l'origine du changement climatique, de la perte de biodiversité et de la raréfaction des minéraux suscite l'intérêt pour la récupération, en raison de la croyance intuitive qu'elle permet de réduire la production et les déchets. L'utilisation croissante des ressources naturelles est en effet associée à de nombreux impacts environnementaux, tels que des pressions sur la biodiversité et les services écosystémiques (Oberle et al., 2019). Le International Resource Panel (2019) a estimé que l'utilisation et le traitement des ressources naturelles causent jusqu'à 90 % de la perte mondiale de biodiversité. La biodiversité serait particulièrement affectée par les changements d'utilisation des terres dans le contexte de l'utilisation non durable des ressources naturelles et les changements, pertes et fragmentations d'écosystèmes qui en résultent (Haines-Young, 2009). L'intérêt de l'attention portée autour de la chaîne de valeur de production peut également résider sur la volonté de diminuer les externalités liées au transport (fragmentation des habitats et continuités paysagères, dissémination d'espèces exotiques, consommation d'énergie, émission de polluants, bruit...). En effet, le transport de marchandises, avec 189,5 TWh en 2021, représentait 40,3 % de la consommation totale de l'énergie du secteur du transport, qui, avec 126 millions de tonnes équivalent CO₂ (Mt CO₂ éq), restait le secteur le plus contributeur aux émissions de gaz à effet de serre de la France (30 %). Le transport routier est également le mode de transport le plus émetteur de polluants dans l'air. Il contribue pour plus de 70 % aux émissions des transports pour une majorité de polluants (Service des données et études statistiques, 2023).

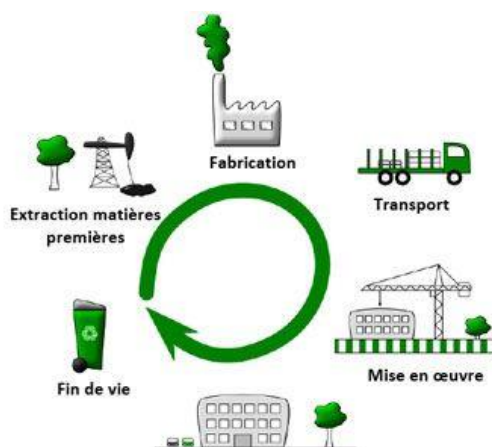


Figure 19 : Schéma d'illustration du concept d'Analyse en Cycle de Vie (ACV) (©<https://www.asso-iceb.org/>)

Brachet *et al.*, (2019) ont mobilisé les concepts de biodiversité *ex situ* et *in situ* en appliquant deux méthodes d'analyse du cycle de vie (ACV) (Figure 19) : ReCiPe 2016 et Impact World+, pour évaluer un toit conventionnel et trois types de toitures végétalisées différentes (intensif, semi-intensif et extensif). Ce travail de modélisation montre que : 1) les toits verts extensifs génèrent le moins de perte de biodiversité, 2) la biodiversité "ex situ" est dix fois plus impactée que la biodiversité "in situ" pour tous les toits, et 3) l'impact de la couche végétale sur la perte de biodiversité est significatif. Le couplage de l'ACV avec une expertise écologique pourrait améliorer l'évaluation en intégrant les spécificités locales ainsi que les impacts positifs et négatifs d'un système (par exemple, les gains de biodiversité "in situ" apportés par les toits verts). Dans tous les cas, il apparaît que c'est la dalle de béton qui a l'impact le plus élevé (de 56% à 74% de l'impact global), car le béton est le matériau qui aurait un fort impact sur la biodiversité et surtout sur la consommation d'électricité/combustible liée à la production de clinker et à la chaleur nécessaire pour créer la chaux, qui est son principal composant. Il faut en effet avoir à l'esprit les symbioses matérielles. A ce titre, le bois est en partie une énergie fossile. L'abatteuse, le camion transport, font qu'il faut environ 2 à 3 litres de pétrole par m³ de bois extrait (Lijewski et al., 2017). On voit souvent également de l'acier corten dans les aménagements paysagers du fait de la durabilité dans le temps du matériau pour les voliges etc.... Certains annoncent l'acier vert, réduit à l'hydrogène mais les industriels parlent de quelques millions de tonnes par an après 2030, une quantité négligeable au regard des 1.7 milliard de tonnes d'acier consommées chaque année dans le monde³. En 2020, les trois quarts de l'acier mondial étaient produit avec du charbon : un milliard de tonne en tout. Pour remplacer ce coke sidérurgique par de l'hydrogène électrolytique, il faudrait l'équivalent de la production électrique annuelle des états unis en électricité ou 1.2 millions d'éoliennes nécessitant elles-mêmes de l'acier.

5.2.1.2 La récupération pour réduire les impacts globaux ?

D'un point de vue réglementaire (Article L541-1 du Code de l'environnement, 2020) :

- Le réemploi est « une opération par laquelle des substances, matières ou produits qui ne sont pas des déchets sont utilisés à nouveau pour un usage identique à celui pour lequel il avait été conçu »
- La réutilisation est « une opération par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont utilisés de nouveaux ».
- Le recyclage : « toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Par exemple : la cloison mobile en bois est broyée et traitée et la matière réutilisée dans la fabrication d'un autre composant ».
- Le déchet concerne « toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire »

L'économie circulaire peut se définir « comme un système économique qui remplace le concept de fin de vie en réduisant, en réutilisant, en recyclant et en récupérant les matériaux dans les processus de production, de distribution et de consommation. (...) Elle est rendue possible par de nouveaux modèles d'affaires et des consommateurs responsables » (Zink & Geyer, 2017). Il y a déjà un certain degré de recyclage socio-économique et des formes **d'écologie industrielle territoriale** qui comprennent tous les types de déchets en fin de vie, recyclés ou non, qui sont réintroduits dans la production en tant que matériaux secondaires. Toutefois, la fermeture des boucles par le down-cycling (décyclage) et le recyclage est souvent considérée à tort comme réduisant automatiquement la demande de ressources primaires, négligeant la co-utilisation de matériaux primaires et secondaires qui aboutit in fine à une forme d'effet "rebond de l'économie circulaire" (Zink & Geyer, 2017). Par exemple pour recycler de l'enrobé bitumineux, il faut incorporer de nouvelles matières premières et consommer de l'énergie. C'est ce que montrent les travaux

³ <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Fact-sheet-Hydrogen-H2-based-ironmaking.pdf>

de Haas *et al.*, (2020) avec une métabolisation croissante de matières premières fossiles, biomasse, métaux et minerais en même temps qu'une utilisation croissante de matière secondaires recyclées/décyclées. Parmi les techniques existantes en matière de récupération, on peut citer le recyclage des matériaux bitumineux, la revalorisation des bétons ou bitumes par concassage, le réemploi des matériaux en pierre naturelle après dépose et nettoyage, le reconditionnement des mobiliers urbains (réparation, remise en état), la prescription technique favorisant l'utilisation de matériaux recyclés/décyclés (selon prescriptions locales de l'exploitant), l'intégration de matériaux issus d'autres opérations du maître d'ouvrage et mutualisés localement, la construction de sols fertiles depuis des résidus urbains, la valorisation sur site de matériaux pollués et/ou inertes par modelés paysagers, phytostabilisation, etc... ou encore la valorisation hors site de terres excavées **inertes** (remblaiement de carrières, rehaussement de terrains agricoles). Des analyses des flux de matériaux de construction régionaux sont sortis autour de 2020, en réponse notamment au contexte réglementaire de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), avec l'article 79 qui fixe à l'État et aux collectivités territoriales des objectifs en matière de valorisation des déchets issus de la construction et de consommation de ressources secondaires. En Pays de la Loire, le réemploi, la réutilisation et le recyclage des matériaux inertes du BTP représentaient 5,6 millions de tonnes en 2017, couvrant 15% des besoins annuels en matériaux de construction. En optimisant les flux, cette contribution pourrait atteindre 19%, voire 28% si les matériaux utilisés pour le remblaiement des carrières étaient réemployés. Malgré ces optimisations, les matériaux neufs représenteraient toujours 72% des besoins. Ce constat met en lumière l'importance du fait que la réduction de la pression de métabolisation des ressources doit aussi passer par un travail sur les besoins via l'écoconception, l'économie de fonctionnalité (CERC Pays de la Loire, 2020).

En réalité, dans les chantiers paysagers, la matière incorporée peut être issue de la récupération (réemploi, réutilisation, recyclage) ou celle présente sur site sera récupérée en fonction de la cohérence du projet avec l'existant et des éléments facilitateurs et obstacles (Tableau 10). Par exemple, les structures d'insertion par l'activité économique sont un secteur massivement subventionné. Dans un rapport publié conjointement par l'Inspection Générale des Finances (IGF) et l'Inspection Générales des Affaires Sociales (IGAS) en avril 2013, il y est démontré que les institutions publiques auraient apporté entre 1 et 1,3 milliard d'euros en 2011 et accordé 247 millions d'euros d'exonérations sociales pour ce secteur. Le rapport fait état de trois acteurs prenant en charge ce financement : l'État contribuant à la moitié du financement, les conseils généraux à 25%, et des financeurs divers (Fonds Social Européen, collectivités territoriales, etc...) également à hauteur de 25% (IGF & IGAS, 2013). Parmi ces derniers on peut mentionner l'Association de Gestion du Fonds pour l'Insertion Professionnelle des Personnes Handicapées (AGEFIPH) qui est un fonds alimenté par les contributions versées par les entreprises de 20 salariés et plus n'atteignant pas le taux d'emploi légal de 6% des travailleurs handicapés. De fait, certaines activités du chantier que l'on pourrait qualifier d'écologiques, qui consistent à prolonger la durée de vie du mobilier, récupérer et revaloriser des matériaux, sont rendues compétitives et possibles par une forme de socialisation via des subventions publiques accordées à ce secteur. Ce système mobilisable via des clauses sociales d'insertion professionnelle semble donc représenter une forme de subvention de pratiques écologiques.

« Ou alors, je me mets à la place du concepteur, je veux absolument qu'on utilise les matériaux du site, ou qu'on réhabilite le mobilier existant. Au lieu de le jeter bêtement à la poubelle et de reprendre du neuf, peut-être qu'en le rénovant, parce qu'il n'y a que l'assise en bois qui est abimée, qu'il n'y a qu'une peinture à refaire, peut-être que je décide, par exemple, en tant que concepteur, d'allotir. Je peux très bien faire aussi un lot réservé. C'est-à-dire un lot réservé pour des entreprises de réinsertion, les ESAT, tous ces gens-là. Quand on fait un lot réservé, c'est-à-dire qu'on leur attribue une partie des travaux, et on leur dit, tenez, sur ce chantier-là, moi, j'ai 15 bancs, 3 chaises, 14 corbeilles de propretés qui sont à remettre en état. Je fais l'inventaire, je prends des photos. Voilà dans quel état c'est. Voilà ce que je vous demande. Il faut les repeindre, remettre. Puisque vous avez un atelier menuiserie, vous allez pouvoir remettre en état. Je peux très bien déclencher ce lot-là en amont des travaux, parce que le temps qu'ils fassent tout ça, et puis le mettre à disposition de son mobilier, de l'entreprise qui, elle, va le poser, simplement. Dans son contrat, l'entreprise d'espace vert, elle aura simplement la pose de tant d'unités de corbeilles, mais pas la fourniture. La fourniture, ce sera l'ESAT à qui j'aurai fait un contrat en amont de réhabilitation. Voilà, ça peut rentrer... Donc il

faut vraiment que tout ça soit anticipé, si on veut vraiment aller jusqu'au bout des choses. » (C. Chargés d'études et de travaux Service Maitrise d'Ouvrage et Maîtrise d'œuvre d'un service parcs et jardins d'une ville de plus de 150 000 habitants)

« Ce sont souvent les entreprises d'insertions qui font ça. Il faut qu'il y ait une vraie habitude des maçons qui encadrent ces équipes à faire du réemploi. Pour moi, c'est surtout une histoire de... Dans ce cas-ci, c'est plutôt une question de tradition constructive, que la pierre, ça s'est toujours réemployée et que si jamais il y a un encadrant technique qui a une bonne connaissance de la région et qui a des bons contacts, il peut organiser du réemploi de pierre. Et aussi, comme le temps de travail ne coûte pas très cher, parce que c'est des entreprises d'insertion, on peut leur demander de trier des tas de pierre et d'aller choisir les pierres. Là où, dans une entreprise classique, on achète sur palette, on pose et on se pose pas de questions. » (K. Architecte diplômée d'état, Chargée de mission réemploi des matériaux du BTP dans une association)

Récupérer c’est considérer que la matière, selon sa forme, sa disponibilité, son potentiel, n’est pas un déchet à évacuer, mais une ressource, un objet valorisable que l’on peut réintégrer dans le projet. Cela peut être la ressource qui donne l’idée de l’aménagement à réaliser (Figure 20) et qui conditionne donc les flux de matière de la phase chantier. De ce fait, récupérer amène à regarder le déchet non plus comme une externalité négative, mais comme un matériau à préserver. Nombre d’entreprises de travaux possèdent par exemple des plateformes de stockage où elles stockent différents « déchets » inertes qu’elles vont pouvoir réutiliser sur divers chantiers pour les usages appropriés.

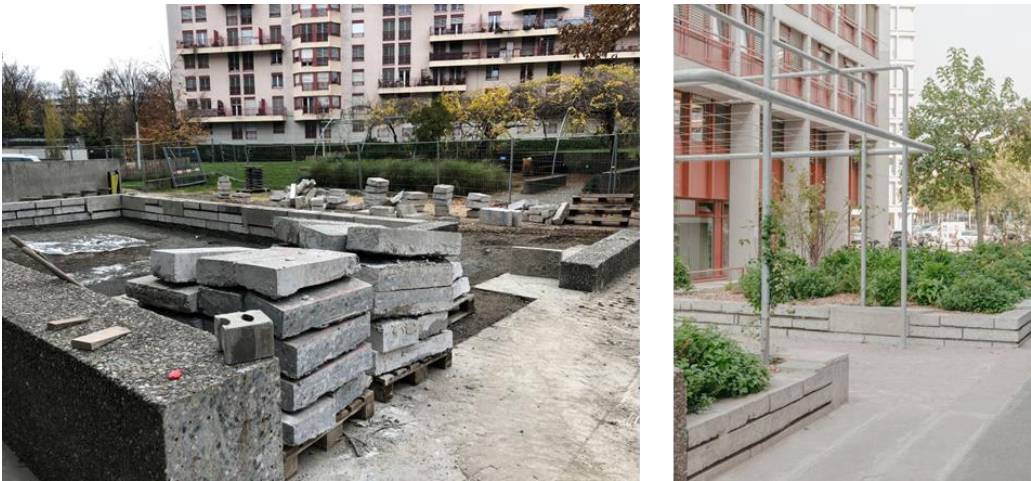


Figure 20 : Découpe de la dalle béton et réemploi en bac de culture dans le parc des Minoteries à Genève (© apaar_sàrl, 2024)

Tableau 10 : Facilitateurs et obstacles à la récupération (traduit et adapté de Cooper & Gutowski, 2017)

	Facilitateurs	Obstacles
Facteurs physiques	Durabilité physique	Dégradation (usure, corrosion, fatigue, fracture, etc.)
	Composants standardisés	La technologie est obsolète en fin de vie
	Technologie et conception matures	Anciens composants incompatibles avec les nouvelles conceptions (produits sur mesure)
	Modularité permettant la mise à niveau et la réparation	Composants irrécupérables
	Assemblages réversibles permettant un démontage facile	

Facteurs commerciaux	Main-d'œuvre bon marché Coûts en capital inférieurs à ceux de la nouvelle production Prix bas de la ferraille Connaissance des propriétés techniques en fin de vie	Législation Importations bon marché et main-d'œuvre chère Les clients préfèrent probablement un nouveau produit lorsque le prix d'un produit remanufacturé dépasse 70 % d'un produit neuf Obsolescence (esthétique et mode) Dans la construction, la pression temporelle des propriétaires fonciers peut favoriser la démolition plutôt que la déconstruction lente Politiques fiscales favorisant la démolition et la reconstruction plutôt que la rénovation
----------------------	---	---

Les méthodes de prospection des matériaux (sourcing), des fournitures et des acteurs semblent varier en fonction d'une multitude de paramètres tel que l'affinité du maître d'œuvre, l'ampleur du projet ou bien des exigences de la maîtrise d'ouvrage. En effet, ces derniers peuvent ainsi contribuer, par exemple, au développement et à la structuration de filières territoriales de réemploi en imposant des taux de matériaux réemployés dans les cahiers de prescription à destination des promoteurs, ou en aménageant des fonciers temporaires à destination du stockage et d'activités de transformation des déchets de chantier. La coordination est un point central des modèles économiques circulaires, qui appellent au développement de relations symbiotiques et systémiques : dans l'écologie industrielle, les déchets de l'un doivent devenir les ressources de l'autre, ce qui suppose une nécessaire coordination entre le producteur du déchet et son futur utilisateur en tant que ressources, ainsi que de repenser les chaînes de valeur et d'approvisionnement et leur organisation.

« Le troisième projet, c'est une petite cour d'école à Blois qui était entièrement goudronnée avec même les anciens arbres plantés qui ont été coupés et même le carré d'ouverture dans le goudron pour les anciens arbres avait été bouché avec du goudron donc il n'y avait plus rien du tout, c'était complètement stérile et on est allé voir le service technique de la ville, on a récupéré plein de bordures, plein de pavés, plein de briques, plein de vieux troncs d'arbres qui avaient été abattus et on a fait plein d'aménagements avec tout ce qu'on a récupéré au service technique les vieux candélabres nous ont permis de faire des pergolas, les vieilles bordures en granit, les séparations entre les différents éléments et puis toutes les briques et les pavés ont été faits en joint végétalisé pour être perméables et permettre aux enfants de s'amuser dessus tout en recyclant encore une fois la ville sur la ville. Donc voilà, on a fait quelque chose qui est extrêmement diversifié, extrêmement apprécié par les enfants et en recyclant ce qu'on avait trouvé au service technique » (A. Paysagiste-concepteur DPLG, Bureau d'études).

« Il faut des artisans qui sont volontaires, qui ont bien mesuré que parfois, il va falloir retravailler un peu ces matériaux. Ça, ça existe déjà, mais ce ne sont pas souvent des très grosses boîtes. Il faut que tous les acteurs soient convaincus petit à petit. Ça veut dire qu'il faut sélectionner des artisans parce qu'ils ont prouvé qu'ils étaient capables d'en faire. Et avant tout, la question, c'est que la maîtrise d'ouvrage soit très pertinente, très motivée, très consciente qu'il va falloir plus discuter. Le réemploi, ce n'est pas forcément plus cher, voire même c'est légèrement moins cher, mais

ce n'est pas une réduction de 50% du prix des travaux ou des matériaux. » (K. Architecte diplômée d'état, Chargée de mission réemploi des matériaux du BTP dans une association)

« Par contre, le réemploi des billes pour du mobilier plus tard, le problème du réemploi sur place complet, c'est que tu peux pas faire sécher, là, ce qu'on a fait, très souvent, on a notre plateforme et tous les futs qu'on récupère, on les met à un endroit et là, on fait venir le scieur et ça part en séchage à la menuiserie et après, ça sera réutilisé sur du mobilier dans la collectivité. » (F. Chef de projet éco-aménagement et trame bleue d'une intercommunalité de 13 communes)

La coordination de la sobriété doit toutefois faire face à des injonctions politiques :

« Pour les grands chantiers, les problèmes qu'on rencontre, c'est une question des critères principaux dans nos travaux, c'est la date à laquelle ils vont être livrés, il faut que ça coïncide avec les périodes électorales. Donc, du coup, si vous rajoutez une étape d'études, de réflexions, économies circulaires et machin truc et tout ça, donc du coup, ça ne coïncide plus » (D. Chargée de projet développement durable, d'une structure intercommunale de 51 communes)

5.2.2 LE CHANTIER COMME VECTEUR DE PROPAGATION DU VIVANT

L'agitation globale du chantier, que ce soit sur son emprise (exemple : propagation du chancre coloré entre platanes lors de la réfection de la chaussée attenante) ou via ses flux de transport entrants et sortants d'engins, matériaux et fournitures ou les flux associés pour l'extraction des matières premières et leur transport, participe à la propagation (introduction/dispersion) d'une diversité d'espèces ou bien peut créer des environnements biotiques/abiotiques favorables à l'établissement de certaines espèces. On peut ainsi parler d'**anthropochorie** par rapport à la faculté de l'agitation d'origine humaine à être motrice de dispersion d'espèces, on peut également voir les engins de chantier ou les matériaux, outils et fournitures du chantier par exemple comme des vecteurs anthropochoriques potentiels (Von der Lippe & Kowarik, 2007) (Tableau 11). Une fois introduites volontairement ou involontairement dans un milieu donné, puis établies, ces espèces, peuvent potentiellement impacter « positivement » ou « négativement » ou de manière « neutre » les dynamiques écologiques en place (compétition de niche écologique, exploitation d'une niche inexploitée...) et les dynamiques sociales (sanitaires etc...) et économiques liées (baisse d'activité d'une niche économique, augmentation d'une autre). Pour faire simple, le problème réside dans le fait que le comportement de certaines espèces dans certaines zones rentre en conflit avec ce que nous voulons y faire. Les espèces **indigènes** aussi bien qu'**exogènes** peuvent devenir surabondantes, dominer les écosystèmes et causer des dommages, toutefois Blackburn *et al.*, (2019) entre autres ont montré que l'origine biogéographique, et donc l'histoire évolutive, d'une espèce sont des facteurs déterminants de son potentiel de perturbation de l'environnement. En effet, les mécanismes anthropogéniques, tendent à sélectionner des espèces dont les attributs sont propices au succès de l'invasion, et ces taxons sont souvent introduits dans des zones dépourvues d'ennemis coévolués qui limitent leur **prolifération** (Rejmánek & Simberloff, 2017). L'**invasion** biologique se caractérise par 4 étapes : le transport, l'introduction, l'établissement et la dispersion (Li & Yu, 2023).

La stratégie nationale sur les Espèces Exotiques Envahissantes (EEE) publiée en mars 2017, faisant notamment suite aux objectifs d'Aichi de la convention sur la diversité biologique (CDB) de 2010, exprimait les risques associés aux espèces exotiques envahissantes en les définissant comme « une *espèce animale ou végétale exotique, c'est-à-dire non indigène sur ce territoire, dont l'introduction par l'Homme, volontaire ou fortuite, y menace les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques et sanitaires négatives* » (Ministère de l'Environnement, & de l'Énergie et de la Mer, 2017). Ce document faisait également suite à l'exigence du Règlement (UE) n° 1143/2014 du Parlement européen et du Conseil du 22 octobre 2014 sur la prévention et la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes. Le plan d'action 2022-2030 pour prévenir l'introduction et la propagation des espèces exotiques envahissantes a été élaboré par le ministère de la Transition écologique et l'Office

français de la biodiversité (OFB) pour poser les bases d'une action collective plus efficace pour prévenir le plus en amont possible l'invasion biologique sur tout le territoire français - hexagone et territoires ultramarins.

Sur les chantiers, notamment ceux ayant fait l'objet d'évaluations environnementales, et donc d'un diagnostic faune/flore, des prescriptions appropriées peuvent être prises vis-à-vis de certaines espèces exotiques envahissantes identifiées (Cerema Haut-de-France/TEER, 2021) :

« La terre ça dépend selon les besoins, par exemple pour des plantations il fallait de la terre spécifique, donc je ne me rends pas compte en termes de quantité qu'on a réutilisé par rapport à la quantité qu'on a fait venir, ça je ne sais pas répondre, mais en tout cas au maximum on essaie de réutiliser les volumes de terres qui sont sur place. On ne peut pas tout garder dans le sens où sur ce chantier-là par exemple on a une espèce invasive qui s'appelle la renouée du japon, on va retirer les volumes de terres associées à cette plante invasive, on ne peut pas les garder.

Et vous savez où est-ce qu'elles ont fini ces terres ?

Pour l'instant elles sont encore sur le site, parce qu'avec les crues justement on a dû décaler l'intervention. Je n'ai plus en tête toutes les étapes, mais en tout cas la particularité sur ce chantier c'est qu'on a une renouée du japon qui est mêlée à un géotextile qui a été mis sur les berges pour maintenir un profil dans les années 90. Aujourd'hui, ce géotextile qui est en plastique se décompose, donc il y a un process très spécifique pour traiter ce déchet de géotextile associé à la renouée et du coup ça veut dire des mesures un peu spécifiques. » » (I. Chargée d'Opération d'une société d'économie mixte)

Tous les sites ne sont pas vulnérables à l'invasion de la même manière : les caractéristiques de l'écosystème jouent un rôle dans la détermination de la vulnérabilité d'un écosystème à l'invasion, ce qui souligne l'importance de prévenir l'introduction d'espèces envahissantes (Meyer et al., 2021). L'envahissement peut être défini comme résultant plutôt d'une interaction entre l'état actuel de l'écosystème et les propriétés écologiques de l'envahisseur potentiel ainsi que de facteurs liés à l'état actuel de la population de l'envahisseur potentiel, en particulier en ce qui concerne la pression locale des propagules, c'est-à-dire le nombre d'individus envahisseurs à proximité d'une zone d'intérêt non envahie. La **résilience** écologique aux perturbations est directement liée à la résistance à l'invasion. En effet, les perturbations liées aux chantiers diminuent généralement la résistance à l'invasion, en particulier pour les plantes envahissantes. Après la période de perturbation, l'utilisation de mélanges de semences est un traitement éventuel pour l'établissement rapide d'une couverture végétale pour la protection du sol par le contrôle de l'érosion, la prévention de l'installation d'une végétation non désirée comme des espèces envahissantes (Hagen et al., 2022). Les effets de priorité des communautés récemment établies et la résistance à l'invasion associée pourraient être améliorés en (1) maximisant le temps d'avance à la communauté receveuse par rapport aux espèces invasives, (2) introduisant des espèces capables de produire rapidement de la biomasse et de préempter les ressources du sol (Hess, 2020).

Du fait du caractère allergisant de son pollen, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) en 2020, estime les coûts pour la santé humaine en France liée à *A. artemisiifolia*, à un total pour la prise en charge médicale (les médicaments et les consultations par exemple) qui se situe entre 59 millions et 186 millions d'euros par an, pour les coûts des pertes de production, basés sur les arrêts de travail, entre 10 millions et 30 millions d'euros par an, et pour les coûts de la perte de qualité de vie des personnes allergiques entre 346 millions et 438 millions d'euros par an (ANSES, 2020). Face à cet enjeu, les pouvoirs publics et différents guides conseillent des mesures en phase chantier (Cluster éco-chantiers, 2021). En France, *A. artemisiifolia* pourrait être mieux décrite comme une espèce généraliste exotique occupant une niche écologique libre plutôt que comme une espèce transformatrice. Ce serait une espèce pionnière dans les premières successions d'habitats présentant un degré élevé de perturbation (zone d'érosion, lieux de brûlage) et l'espèce ne semble pas être en mesure de rivaliser dans les écosystèmes pour développer des populations permanentes (Fumanal et al., 2008). Son implantation en lien avec les chantiers concernerait aussi bien des sites urbains que des espaces servants

comme des installations de stockage de déchets inertes (ISDI). Cette plante n'a pas spécialement de mode de dispersion préférentiel (barochore), ses graines tombent à proximité du plant.

Tableau 11 : Principales voies d'introduction liées directement ou indirectement à des chantiers urbains en lien avec les espaces publics paysagers, identifiées pour la France au regard de la typologie de la convention sur la diversité biologique, d'après un tableau de synthèse de l'OFB

Catégories	Principales voies d'introduction liés à des chantiers urbains en lien avec les espaces publics paysagers, identifiées pour la France au regard de la typologie de la convention sur la diversité biologique
Libération dans la nature : introduction intentionnelle par l'homme d'organismes vivants en vue de leur libération dans le milieu naturel	- « Amélioration » du paysage, de la flore et de la faune dans le milieu naturel - Introduction à des fins de conservation - Libération dans la nature pour utilisation (à des fins autres que celles stipulées ci-dessus, par exemple production de fourrure, transport, médecine)
Fuite : espèces dans un milieu confiné (zoo, ferme...), puis libération accidentelle ou fuite de ces animaux	- Jardins botaniques/ zoologiques/ aquariums (hors aquariums privés) - Sylviculture (y compris le reboisement) - Horticulture - Fins ornementales hors horticulture
Contaminant : organismes vivants en tant que contaminants d'une marchandise transférée dans un cadre commercial	- Contaminants de matériel de pépinière - Contaminants des végétaux (hormis les parasites, espèces transportées par un hôte/vecteur) - Parasites des végétaux (y compris les espèces transportées par un hôte/vecteur) - Commerce du bois - Transport de matériel constituant un habitat (sol, végétation, etc.)
Transport accidentel : organismes vivants attachés à des moyens de transport et au matériel associé	- Organismes se retrouvant dans les navires/bateaux - Machines/équipement - Personnes et leurs bagages/matériel - Eaux de ballast des navires/bateaux - Véhicules (voitures, trains, etc.) - Autres moyens de transport
Sans aide : dispersion naturelle	

Le règlement (UE) 2016/2031 du parlement et du conseil du 26 octobre 2016 relatif aux mesures de protection contre les organismes nuisibles aux végétaux a pour objectif de garantir la qualité des végétaux en évitant l'introduction, la propagation et l'établissement d'organismes d'origine exotique nuisibles aux végétaux. Il contient des mesures de suivi et de gestion des organismes nuisibles réglementés et des mesures concernant la circulation des végétaux, les substrats, paillis, les emballages ou encore le matériel agricole... Cela permet de mieux gérer les foyers d'organismes nuisibles via une traçabilité renforcée. Les organismes visés par la réglementation sont les organismes présents ou absents du territoire et qui, s'ils s'installaient pourraient avoir des incidences économiques, environnementales et sociales inacceptables. Le passeport phytosanitaire est un document en évolution depuis 1993, en réponse à ces enjeux épidémiologiques car il permet la libre circulation des végétaux sur le territoire communautaire à condition qu'ils respectent les dispositions réglementaires européennes relatives aux organismes nuisibles réglementés.

5.3 ENJEUX ET LIMITES DE LA PARTICIPATION DES HABITANTS DE L'ESPACE PUBLIC PAYSAGER

Quand on pense à la biodiversité d'un site on ne pense pas forcément aux humains qui vivent à proximité (riverains), qui y passent ou y effectuent différentes activités sociales (clubs, associations...), ou bien dont les ressources en dépendent comme les commerçants. La volonté de prendre part à la fabrique de l'espace urbain n'est pas nouvelle. La place de l'usager dans les projets d'aménagement de l'espace public des collectivités va de l'information à la concertation jusqu'à la co-construction. Ce qui semble ressortir des entretiens est que la co-construction d'un espace public paysager en ville ne peut se faire qu'au cas par cas étant donnée la variété des contextes urbains, sociaux et techniques de l'espace, faisant que le simple processus de co-conception ne rassemble pas tout le monde.

« Ce n'est pas toujours possible parce que suivant les contextes sociaux, économiques et politiques, ce n'est pas toujours possible d'intégrer les habitants dans la réflexion. Parfois aussi on est face à des publics qui n'ont pas forcément les compétences ou l'envie de s'impliquer dans les questions techniques, mais il arrive parfois sur certains projets qu'on tombe sur des personnes qui ont vraiment envie de se frotter à ces questions-là, qui ont vraiment un regard et des apports de connaissances ou de savoir-faire qui sont très importants. Et à ce moment-là, oui, on discute les questions techniques avec eux. Dans les projets les plus complexes, il est intéressant aussi de voir comment on peut amener les habitants à rencontrer les entreprises pour qu'ils comprennent aussi comment une partie des choses va être réalisée par des prestataires et comment eux, ils peuvent prendre le relais sur une autre partie des aménagements » / « tout ce qui va être préparation des fondations, voiries par exemple, là où on avait besoin d'intervenir avec des machines aussi, s'il y avait besoin de pelleteuses et autres, travailler avec des professionnels qui sont couverts, qui ont des assurances et qui peuvent avoir une efficacité et puis un chantier sécurisé. Tandis que tout ce qui va être à une échelle plus humaine, ça peut être aussi bien de la plantation que de la réalisation de mobilier, même des petites fondations, mais de petite échelle, le réaliser avec un chantier participatif sans problème ». (Enquête E, Architecte DPLG et Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/ architectes-paysagistes)

On peut se poser la question de la variabilité de la motivation à la participation à la construction de l'espace public en fonction du statut de l'occupation du logement, d'où la pertinence de se tourner également vers des structures (associations, collectifs...), plus stables dans certains contextes qui animent un lieu :

« Oui, les gens restent moins longtemps et vont peut-être moins s'impliquer. Dans ces contextes-là, il faut essayer de chercher des personnes qui sont peut-être un peu plus éloignées, peut-être travailler aussi avec des structures de type associations ou petits collectifs de voisinage qui peuvent permettre parfois d'apporter des réponses. Quand on est dans une résidence universitaire, par exemple, où il y a peut-être beaucoup de turnover, peut-être travailler avec les associations d'étudiants ou la maison de l'étudiant ou les gestionnaires de la résidence, un bailleur ou autre, pour pouvoir trouver une modalité qui permette tous les ans de restimuler un nouvel engagement des nouveaux locataires. ». (Enquête E, Architecte DPLG et Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/ architectes-paysagistes)

Cet accompagnement au cas par cas nécessite des moyens spécifiques par des facilitateurs pour permettre l'engagement des habitants motivés au bon moment :

« Je pense que c'est toujours envisageable en fait, mais c'est les moyens qu'on se donne pour la faire qui font que ça ressemble à rien. On a fait de la concertation, mais de pacotille, mal organisée, pas préparée. C'est presque un travail à plein temps dans une agence de faire de la concertation, parce qu'il faut bien la préparer. Et en fait, tu vois, quand tu fais de la concertation, qu'il n'y a que les commerçants qui se déplacent ou que les pépés et mémés qui viennent râler parce qu'il y a des crottes de pigeons, tu vois, ta concertation, elle est nulle. Mais c'est toi qui as mal bossé, c'est pas eux qui sont bêtes et qui réfléchissent pas à leur truc à eux, c'est juste que c'est toi qui as mal bossé. Parce qu'évidemment, les commerçants, ni une ni deux, ils ont des enjeux, donc ils participent à la

*concertation. Mais les habitants, avoir tous les habitants, toutes les générations, c'est un exercice énorme en fait de faire participer ces gens-là. Et puis surtout d'intégrer leurs idées dans le projet. Et ça, mon agence était incapable de faire ça, il en était hors de question, ce n'était même pas imaginable. Parce que les créatifs, c'était nous ! Et hors de question que ce soient des mêmes qui décident de la forme de l'aire de jeu qu'on allait dessiner, parce qu'on a dessiné des aires de jeu aussi. Je dis pas qu'on avait raison, au contraire, je pense qu'on avait en partie tort. Mais c'est vrai que notre travail à nous, quand même, c'est de... on est un peu des professionnels, ça fait un peu c**** des fois qu'on nous explique comment faire les trucs. Par contre la concertation, c'est très intéressant pour comprendre les usages, tu vois » (Enquête B, Paysagiste-concepteur DPLG, chargé de projet dans une association).*

« Alors on a effectivement fait plusieurs ateliers sur cette question-là du choix de la palette végétale qui a été discutée avec les habitants mais également avec les services techniques de la commune qui ont aussi des attentes, des exigences et un retour d'expérience important. Donc on a intégré leurs contraintes également dans la définition de cette palette. Et puis là, il y a deux semaines, deux-trois semaines, on a préparé les semis et le bouturage des petits sujets qui seront plantés en chantier participatif. C'est une commune qui met en place une démarche de pépinière citoyenne. C'est un espace qui s'appelle le Végétalab et donc ils sont en train de créer vraiment une production locale de végétaux pour justement avoir une palette végétale avec des essences plus locales et aussi plus faciles à entretenir. » (Enquête E, Architecte DPLG et Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/architectes-paysagistes)

La participation des usagers au chantier ou à ses phases amonts peut permettre d'évaluer les usages et de mieux accompagner les changements d'usage et d'occupation des sols.

« On a un autre projet à Bruxelles, en Belgique, un quartier de Forest. Et là, il s'agit de créer des espaces végétalisés sur de l'espace public en voirie directement. Et donc là, c'est pareil. Il y a un gros travail de réflexion avec les habitants sur la localisation de ces emplacements qui sont pris la plupart du temps sur des espaces de stationnement. Donc il y a vraiment un gros travail de discussion avec le voisinage pour que ce soit fait en bonne intelligence avec le fonctionnement du quartier. » (Enquête E, Architecte DPLG et Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/architectes-paysagistes)

Une autre raison évoquée pour la participation, en phase chantier ou pendant les autres phases, serait de favoriser l'adoption du lieu et sa gestion. A Holstebro au Danemark, Fors et al., (2018) ont constaté que la participation des habitants à la zone de cogestion créait des qualités fonctionnelles, écologiques et physiques dans la forêt. En outre, cette participation active a procuré aux habitants toute une série d'avantages sociaux et expérientiels, dont beaucoup, selon eux, n'auraient pas bénéficié s'ils n'avaient été autorisés qu'à utiliser le bois "passivement". Ces résultats suggèrent que la gestion participative des zones boisées urbaines possède un potentiel important, mais aussi largement inexploité, pour apporter des qualités physiques aux zones boisées urbaines et des avantages à leurs utilisateurs.

« Quand on met la main à la pâte pour réaliser quelque chose, installer quelque chose, que ce soit de l'ordre, du végétal ou du minéral, on est plus à même, après, à en prendre soin et à s'impliquer dans la phase suivante, qui est celle de la gestion des aménagements et de l'entretien. Je trouve que c'est, si on peut, dès l'étape chantier, d'anticiper cette partie-là, qui est cruciale. Ensuite, notamment pour le maintien des milieux et la bonne intelligence de la gestion du projet de ville. Je trouve que c'est vraiment important et c'est aussi un des enjeux déterminants dans les choix techniques qu'on fait, quand il faut tout de suite anticiper comment ces espaces vont être gérés ensuite. » / « Et ensuite, on aura un travail de plantation qui sera fait avec les habitants et la mise en place d'une charte de gestion de ces sites en se disant qu'il y aura deux sites pilotes qui permettront de tester une gestion et un entretien réalisé en grande partie par les habitants qui le souhaitent. Parce qu'on a des petits groupes d'habitants qui souhaitent vraiment s'investir dans le jardinage de ces petits espaces qui vont être végétalisés. Et donc on va essayer de travailler avec eux cette dimension-là en mettant en place une convention avec la commune où a lieu ce projet. » (Enquête E, Architecte DPLG et Co-fondatrice d'une SCOP d'architectes/architectes-paysagistes).

Cette première approche permet de constater qu'un chantier, en tant que dispositif de production, peut potentiellement impacter directement ou indirectement une diversité de compartiment de l'environnement : eau, sol, air, vivant, climat... L'annexe 9.2 dresse un bilan des sources d'impacts et enjeux en phase chantier d'espaces publics paysagers. Les variables d'ajustements de ce dispositif de production sont ses outils (matériels, humains...) et méthodes, et sont à mettre en perspective par rapport aux objectifs et moyens socio-économiques du projet. Les chantiers sont parfois le théâtre d'ajustements, loin de l'assurance du plan, où les acteurs doivent trouver des solutions dans un cadre spatio-temporel, technique, politique, social, normatif, écologique et surtout économique donné. L'éco-efficience d'un chantier semble donc assez secondaire par rapport aux enjeux économiques. Il semble pourtant que, depuis longtemps, l'optimisation écologique des processus productifs dans les chantiers paysagers, soit davantage une conséquence d'améliorations normales de la productivité, ou d'une peur des conflits générés par la pollution. Le fait de mettre en avant les pratiques existantes sous le prisme de l'écologie peut relever d'un motif de distinction dans un contexte d'injonction à adapter l'environnement construit aux conséquences du réchauffement, « restaurer » la biodiversité et apporter du bien-être aux habitants avec en supplément dans un même temps l'injonction à l'atténuation des causes des bouleversements, c'est-à-dire la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que la diminution des pressions sur les milieux naturels. Le chantier écologique semble donc relever davantage d'une démarche qui vise à évaluer les enjeux (faune, flore, mobilier, eau, sols...) puis éviter/réduire/compenser les impacts sur un maximum d'aspects, d'abord par la conception puis par la réalisation. La démarche inductive ici employée par le biais d'entretiens et d'observations de chantier est une première approche du chantier écologique et permet de dégager quelques sujets et éléments à développer dont notamment :

- Le besoin de poser un cadre sur ce qu'est un chantier écologique et ses objectifs pour déterminer des indicateurs (sources d'énergie, matériaux entrants, sortants...) permettant de fixer un état initial et témoigner de l'impact des pratiques existantes (écoconduite, optimisation du remplissage des camions, récupération...) et d'un éventuel besoin d'amélioration de celles-ci.
- Le contexte socio-économique du chantier (habitants, associations, secteurs des entreprises d'insertion...). Dans la mesure où la participation stimulerait l'appropriation d'un site et serait source de bénéfices pour les participants, pourraient être davantage étudiés les intérêts, tendances, leviers et freins à la co-construction en phase chantier des espaces collectifs paysagers.
- Le contexte matériel et technique du chantier. L'anticipation des besoins en matériaux / fonctions de l'espace visées pour mobiliser des intermédiaires du réemploi. Produire un outil / base de données d'inspiration illustré pour la récupération dans le paysage à partir de diagnostics ressources, afin d'inspirer la conception via le détournement d'usage.
- Evaluer les méthodes et outils de communication/formation/sensibilisation/suivi qui permettent à différents acteurs/donneurs d'ordres, de partager l'information (SOGED...) pour une meilleure coordination des actions et inclusion des enjeux écologiques au cœur de la conception/réalisation dans différents secteurs.
- Comparer expérimentalement l'impact de différentes techniques (décapage/stockage, protections par paillis, témoin...) lors de travaux sur surfaces non scellées, sur la qualité physique des sols (densité apparente, porosité...) pour réduire la compaction.
- Etudier plus en détail (retour d'expériences...) la place des espaces verts dans le plan/processus d'installation du chantier des entreprises de travaux ou de l'entreprise en charge de l'OPC et l'influence de cette organisation sur la prise en compte d'éléments du paysage et leur protection physique.

7 RETOUR RÉFLEXIF SUR L'EXPÉRIENCE

7.1 ANALYSE CRITIQUE DES RÉSULTATS PRODUITS

Il est assez difficile d'émettre des critiques sur le caractère écologique d'un chantier d'espace public paysager tant ce concept d'écologie renferme une part de plasticité. En effet, pour prendre l'exemple de la biodiversité, l'Homme a ses préférences, ce qui se transcrit par une liste définie d'espèces comme des espèces « parapluies », « fondatrices », protégées, patrimoniales qui vont éventuellement faire l'objet d'attention particulière en phase chantier et d'autres qui vont faire l'objet d'une éradication, avec un curseur qui varie selon les moyens et le lieu. La production de l'urbain durable se caractérise par un syncrétisme normatif qui intègre des notions qui se complètent mutuellement : le local, le développement économique, l'identité, la démocratie participative, la mixité sociale, la qualité de vie, le bien-être, l'écologie. Ce syncrétisme est marqué par un positivisme qui le rend difficilement perméable à la critique : difficile en effet de se dire contre la plantation de végétaux, contre la protection de l'environnement, contre la restauration du grand et du petit cycle de l'eau en ville, contre la mixité ou la participation (Adam, 2016). Pourtant, les chantiers d'espaces publics paysagers, comme dispositifs de productions semblent pâtir également de la même logique de procrastination ou d'effets rebonds quant aux émissions de gaz à effet de serre, par rapport à leurs moyens, avec une forte légitimité du fait de leur présentation comme nécessaires à l'adaptation au réchauffement climatique en végétalisant. La promesse techno-solutionniste de pratiques décarbonées et la relative stabilité provisoire de l'approvisionnement en source d'énergie organique combustible permet le maintien de la production actuelle, contribuant de fait, au niveau de consommation mondial actuel, aux changements climatiques... L'impasse semble donc trouver solution dans une forme de comptabilité globale et de rationnement dans le temps. D'où l'idée de budget carbone qui se décline dans la stratégie nationale bas carbone (SNBC). Les chantiers peuvent donc s'inscrire dans une logique plus large de diminution de la production via l'éco-conception ou l'économie de la fonctionnalité. Il semble que ce sujet, au-delà de perspectives comptables et quantitatives, soit éminemment sociologique et qualitatif et qu'une telle approche empirico-inductive, qui cherche à explorer le réel, sans hypothèses de départ fortes, avec seulement un thème d'enquête, mais sans présupposés sur les résultats, soit pertinente et à poursuivre pour cerner les déterminants de la prise en compte ou non de certains enjeux à l'étape chantier. En effet, davantage d'investigations sont à mener, et de liens à établir. Au cours des visites de chantier et des discussions avec les acteurs, il a été perçu combien la contextualisation est cruciale pour étudier le chantier et comprendre les déterminants, les verrous économiques, techniques, politiques etc..., qui conditionnent les actes en phase chantier et leurs répercussions.

Une telle enquête qualitative d'une démarche inductive demande de la souplesse dans son déroulement, dans les techniques de recueil de l'information, de population à rencontrer ou de questionnements, en acceptant le changement, ce qui n'a pas été évident avec l'injonction de résultats pour ce mémoire. De même, la démarche déductive et les analyses quantitatives m'étant plus familière, le sentiment d'avancer en construisant, enrichissant une méthodologie qualitative et non à partir d'une méthodologie et d'hypothèses déterminées fut difficile à vivre et donnait un sentiment d'illégitimité, avec comme un sentiment d'avoir mal préparé le sujet. Pourtant, il me semble qu'avec du recul, cette situation était logique dans cette approche et ce fait de partir d'un thème large sans hypothèses de départ.

7.2 PROPOSITIONS DE PISTES DE CHANGEMENT

La posture d'étudiant et le réseau Plante & Cité ont peut-être facilités l'obtention des entretiens, car ils confèrent une légitimité pour s'introduire dans l'environnement professionnel des entreprises et des projets. Les personnes abordées peuvent s'identifier à cette position, ayant pu vivre des expériences

similaires durant leurs études. L'entretien est un outil pertinent pour amorcer une réflexion sur un sujet et faire émerger des éléments. Toutefois, certaines limites doivent être reconnues afin d'améliorer la rigueur des conclusions tirées. Un premier risque est de céder à la tentation du méthodologisme (Beaud, 1996), c'est-à-dire de procéder de manière trop rigide, en utilisant une liste de questions fixes sans permettre aux entretiens précédents d'influencer les suivants. L'entretien peut également suffire à lui-même, et on risque alors de négliger d'autres informations pertinentes qui relèvent davantage de l'observation. Beaud (1996) indique que ce mode d'enquête crée une coupure nette entre le travail d'entretien et l'observation, omettant ainsi le contexte de l'entretien qui peut également contenir des informations cruciales. Il est également essentiel d'assumer le caractère non représentatif de l'entretien (Beaud, 1996), en gardant à l'esprit que l'on n'a pas procédé à un échantillonnage minutieux de ce qui touche au chantier d'espace public paysager et donc représentatif. Dans le cas de ce rapport, il y a notamment un manque d'entretiens et d'expériences avec des membres d'entreprises de travaux par rapport à des profils étant davantage à la conception/coordination des projets. Ainsi, il semble que l'approche ethnographique comme méthode d'enquête dans différentes structures d'entreprises de travaux (entreprise d'insertion, association, entreprise en SCOP...) serait la plus pertinente pour dépasser la simple assistance aux réunions de chantier qui ne permet pas de tout cerner. Il y a fort à parier que la dimension écologique du chantier prend des formes plurielles selon les sensibilités de chaque acteur et le statut des structures par exemple... La méthode ethnographique se caractérise par : 1/ le séjour prolongé dans la communauté étudiée permettant de recueillir des informations grâce à l'observation participante ; 2/ la focalisation sur les activités quotidiennes ; 3/ l'intérêt porté au sens que les acteurs attribuent à leur action ; 4/ la production de comptes-rendus donnant la priorité à la contextualisation et à la cohérence interne des phénomènes observés ; 5/ la tendance à concevoir le cadre interprétatif comme une construction progressive plutôt que comme la mise à l'épreuve d'un ensemble d'hypothèses définies à l'avance ; 6/ des modalités de présentation des interprétations mariant volontairement narration, description et conceptualisation théorique (Van Zanten, 2013).

7.3 PROJECTION DANS UN MÉTIER

Ce stage m'a permis de travailler en mode projet en autonomie comme appris durant la formation. Il m'a donné du temps pour mieux comprendre les dynamiques et pratiques d'une activité économique qui m'était assez étrangère, empreinte d'une forte légitimité et d'une sorte d'imperméabilité à la critique dans un contexte de politiques d'adaptation aux changements climatiques et de transition écologique. Toutefois, le travail sur un sujet aussi large est complexe et m'est inconfortable tant l'accumulation de concepts rend les choses subjectives et permettent difficilement de cerner des problématiques objectives. Même si, au cours de la formation, des échanges avaient été initiés entre architecture du paysage et écologie via des études de site spécifique mêlant des problématiques d'usages et d'ambiances propres aux paysagistes à des problématiques de maintien de la biodiversité et des fonctionnements écologiques, ce qui est du ressort des écologues, ce stage a complété mon panorama des antagonismes, synergies et compromis entre ces diverses problématiques. Etant donné mon attrait pour le travail manuel et son ingéniosité quotidienne et mon écœurement pour le champ sémantique bureaucratique/technocratique qui est à mon sens le seul domaine en transition permanente (innovation versus progrès, développement durable vers transition écologique et économie circulaire...), je suis intéressé par la poursuite dans le secteur de l'aménagement paysager, d'ouvrier de chantier à conducteur de travaux, en allant progressivement vers de la conception ou les études, en mobilisant les compétences acquises à ce sujet. Autrement, l'aspect coordination du poste de chargé d'opération/projet pour des structures comme des sociétés d'économie mixte m'intéresse également tant il semble permettre de communiquer avec une diversité d'acteurs, et aboutit à la concrétisation physique de projets. En effet, à mon sens, la coordination et la communication sont les principaux leviers pour l'évitement et la réduction d'impacts environnementaux mais également pour impulser de nouvelles dynamiques socio-écologiques.

- Adam, M. (2016). L'injonction aux comportements « durables », nouveau motif de production d'indésirabilité. *Géographie et cultures*, 98, Article 98. <https://doi.org/10.4000/gc.4497>
- Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2011). Heat Waves in the United States : Mortality Risk during Heat Waves and Effect Modification by Heat Wave Characteristics in 43 U.S. Communities. *Environmental Health Perspectives*, 119(2), 210-218. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>
- ANSES. (2020). *État des connaissances sur les impacts sanitaires et les coûts associés à l'ambrosie à feuilles d'armoise en France* (p. 332).
- Article L541-1 du Code de l'environnement. (2020, juillet 31). *Section 1 : Dispositions générales (Articles L541-1 à L541-8)*. Légifrance. <https://www.legifrance.gouv.fr/codes/id/LEGIARTI000042176087/2024-06-27/?isSuggest=true>
- Autrup, H. (2010). Ambient Air Pollution and Adverse Health Effects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(5), 7333-7338. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.05.089>
- Aznarez, C., Svenning, J.-C., Taveira, G., Baró, F., & Pascual, U. (2022). Wildness and habitat quality drive spatial patterns of urban biodiversity. *Landscape and Urban Planning*, 228, 104570. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104570>
- Barles, S. (2018). Écologie territoriale et métabolisme urbain : Quelques enjeux de la transition socioécologique: *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, Décembre(5), 819-836. <https://doi.org/10.3917/reru.175.0819>
- Baysse-Lainé, A., Cormier, L., & Gaulier, K. (2022). Gestion des sols et des substrats pour la nature et l'agriculture urbaines à Strasbourg : Vers un renouvellement des représentations et des pratiques des circulations de matière ? *Projets de paysage : revue scientifique sur la conception et l'aménagement de l'espace*, 27. <https://doi.org/10.4000/paysage.31236>
- Beaud, S., & Weber, F. (1998). *Guide de l'enquête de terrain : Produire et analyser des données ethnographiques*. Éd. la Découverte.
- Bihouix, P., Jeantet, S., Selva, C. de, & Klugstertz, E. (2022). *La ville stationnaire : Comment mettre fin à l'étalement urbain ?* Actes Sud.
- Blackburn, T. M., Bellard, C., & Ricciardi, A. (2019). Alien versus native species as drivers of recent extinctions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(4), 203-207. <https://doi.org/10.1002/fee.2020>
- Blanchart, A., Sere, G., Cherel, J., Warot, G., Stas, M., Consales, J. N., & Schwartz, C. (2017). Contribution des sols à la production de services écosystémiques en milieu urbain – une revue. *Environnement Urbain / Urban Environment*, Volume 11, Article Volume 11. <https://journals.openedition.org/eue/1809#tocto2n3>
- Boucher, J., & Friot, D. (2017). *Primary microplastics in the oceans : A global evaluation of sources*. IUCN International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.01.en>
- Brachet, A., Schiopu, N., & Clergeau, P. (2019). Biodiversity impact assessment of building's roofs based on Life Cycle Assessment methods. *Building and Environment*, 158, 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.04.014>
- Burghardt, W. (2006). Soil sealing and soil properties related to sealing. *Geological Society, London, Special Publications*, 266(1), 117-124. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2006.266.01.09>
- Cambi, M., Certini, G., Neri, F., & Marchi, E. (2015). The impact of heavy traffic on forest soils : A review. *Forest Ecology and Management*, 338, 124-138. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022>
- C.A.U.E 77. (2017, janvier). *La protection du système racinaire des arbres lors des travaux de terrassement*.
- CERC Pays de la Loire. (2020, novembre). *Analyse des flux de matériaux de construction en Pays de la Loire*.
- Cerema Haut-de-France/TEER. (2021). *Terres végétales et espèces exotiques envahissantes* (p. 53). <https://www.cerema.fr/fr/actualites/terres-infeste-especes-exotiques-envahissantes>
- Clergeau, P. (2019). La biodiversité dans les stratégies d'aménagement urbain. *Métropolitiques*. <https://mnhn.hal.science/mnhn-02568449>
- Cluster éco-chantiers. (2021). *L'ambrosie sur mon chantier de travaux : Comment prévenir et lutter contre sa présence*. https://ambrosie-risque.info/wp-content/uploads/2021/04/memento.ambrosiesurchantier.bfc_.pdf

- Coder, K. D. (1995). Tree quality BMPs for developing wooded areas and protecting residual trees. *Trees and Building Sites, Proceedings of an International Workshop on Trees and Buildings*.
- Commission Européenne. (2019). *Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions* (p. 12). Commission Européenne. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52019DC0236&qid=1562053537296&from=EN>
- COPALME, Plante & Cité, & CAUE77. (2020). *Barème de l'arbre. BED : Barème d'Évaluation des Dégâts causés à l'arbre*. 40 p. (p. 40).
- Despot, D., & Gerhold, H. (2003). Preserving Trees in Construction Projects : Identifying Incentives and Barriers. *Arboriculture & Urban Forestry*, 29(5), 267-280. <https://doi.org/10.48044/jauf.2003.031>
- Desrousseaux, M. (2022). Reconnaître juridiquement la valeur environnementale des sols urbains. In *Reconnaître juridiquement la valeur environnementale des sols urbains* (p. 2-9). Presses universitaires de Grenoble. <https://www.cairn.info/reconnaitre-juridiquement-la-valeur-environnementale-des-sols-urbains--9782706152917-p-2.htm>
- Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., Scheffer, M., Elmqvist, T., Gunderson, L., & Holling, C. S. (2004). Regime Shifts, Resilience, and Biodiversity in Ecosystem Management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 557-581. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711>
- Fors, H., Jansson, M., & Nielsen, A. (2018). The Impact of Resident Participation on Urban Woodland Quality—A Case Study of Sletten, Denmark. *Forests*, 9(11), 670. <https://doi.org/10.3390/f9110670>
- Francis, C. D., Ortega, C. P., & Cruz, A. (2009). Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions. *Current Biology*, 19(16), 1415-1419. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.06.052>
- Fressoz, J.-B. (2024). *Sans transition : Une nouvelle histoire de l'énergie*. Éditions du Seuil.
- Fumanal, B., Girod, C., Fried, G., Bretagnolle, F., & Chauvel, B. (2008). Can the large ecological amplitude of *Ambrosia artemisiifolia* explain its invasive success in France? *Weed Research*, 48(4), 349-359. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2008.00627.x>
- Géoconfluences. (2023, mai). *Infrastructures* (ISSN : 2492-7775) [Terme]. Géoconfluences; École normale supérieure de Lyon. <https://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/infrastructures>
- GIEC. (2014). *Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (p. 34).
- GIEC. (2018). *Annexe I: Glossaire* (p. 24).
- Gobat, J.-M., Aragno, M., & Matthey, W. (2010). *Le sol vivant : Bases de pédologie, biologie des sols* (3e éd. revue et augmentée). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Gonthier, P., & Nicolotti, G. (Éds.). (2013). *Infectious forest diseases* (1^{re} éd.). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780640402.0000>
- Gottfried, I., Borczyk, B., & Gottfried, T. (2019). Snakes use microhabitats created by the great capricorn beetle *Cerambyx cerdo* in southwest Poland. *Herpetozoa*, 32, 133-135. <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.32.e35824>
- Gros, R. (2002). *Fonctionnement et qualité des sols soumis à des perturbations physiques et chimiques d'origines anthropiques : Réponses du sol, de la flore et de la microflore bactérienne tellurique* (p. 252 p.) [Phdthesis, Université de Savoie]. <https://theses.hal.science/tel-00006161>
- Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., & Mayer, A. (2020). Spaceship earth's odyssey to a circular economy—A century long perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 163, 105076. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105076>
- Hagen, D., Mehlhoop, A. C., Torsæter, E., Kyrkjeeide, M. O., Grainger, M. J., & Evju, M. (2022). Assessing the effect of mitigation efforts to improve vegetation recovery in powerline construction sites across Norway. *Ecological Engineering*, 184, 106789. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106789>
- Haines-Young, R. (2009). Land use and biodiversity relationships. *Land Use Policy*, 26, S178-S186. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.08.009>
- Hess, M. (2020). *Résistance à l'invasion des communautés végétales établies après perturbation. Rôle de la dynamique de colonisation et des effets de priorité*.
- Hillel, D. (2003). Stress, Strain, and Strength of Soil Bodies. In *Introduction to Environmental Soil Physics* (p. 235-255). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-012348655-4/50014-9>

- Hu, W., Cichota, R., Beare, M., Müller, K., Drewry, J., & Eger, A. (2023). Soil structural vulnerability : Critical review and conceptual development. *Geoderma*, 430, 116346. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116346>
- IGF, & IGAS. (2013). *Le fincnaement de l'insertion par l'activité économique*.
- INSEE. (2020, juin 11). *Définition—Ménage*. <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1879>
- IPCC. (2023). *Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6)* (p. 36).
- Jones, L., Anderson, S., Læssøe, J., Banzhaf, E., Jensen, A., Bird, D. N., Miller, J., Hutchins, M. G., Yang, J., Garrett, J., Taylor, T., Wheeler, B. W., Lovell, R., Fletcher, D., Qu, Y., Vieno, M., & Zandersen, M. (2022). A typology for urban Green Infrastructure to guide multifunctional planning of nature-based solutions. *Nature-Based Solutions*, 2, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2022.100041>
- Larramendy, S. (2023). *Conception écologique d'un espace public paysager. Guide méthodologique de conduite de projet*. (Deuxième édition; p. 108). Plante & Cité.
- LE BERRE, M., TURPIN, L., DIADEMA, K., & Vela, A.-E. (2024). *MEDITERRANEENS. VERSION 2. CBNMED, CBNA, CBNC, CBNMC, CEFE-CNRS, AMAP, IMBE, ISEM, LESSEM, TOUR DU VALAT*. 15 P.
- Légifrance. (2021a, août 25). *Article L101-2-1—Code de l'urbanisme*. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043967077
- Légifrance. (2021b, août 25). *Article L556-1 A - Code de l'environnement*. https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043966041
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Foran, B., Lobefaro, L., & Geschke, A. (2012). International trade drives biodiversity threats in developing nations. *Nature*, 486(7401), 109-112. <https://doi.org/10.1038/nature11145>
- Li, Y., & Yu, F.-H. (2023). Managing the risk of biological invasions. *iScience*, 26(11), 108221. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108221>
- Lijewski, P., Merkisz, J., Fuć, P., Ziółkowski, A., Rymaniak, Ł., & Kusiak, W. (2017). Fuel consumption and exhaust emissions in the process of mechanized timber extraction and transport. *European Journal of Forest Research*, 136(1), 153-160. <https://doi.org/10.1007/s10342-016-1015-2>
- Lofti, M., Weber, C., Di Pietro, F., & Selmi, W. (2012). Évolution de la place du végétal dans la ville, de l'espace vert a la trame verte. *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*, Volume 12 Numéro 2, Article Volume 12 Numéro 2. <https://doi.org/10.4000/vertigo.12670>
- Lorvelec, O., Vigne, J.-D., & Pascal, M. (2006). *Invasions biologiques et extinctions 11000 ans d'histoire des vertebres en France*. Editions Quae.
- Lotfi, M. (2010, décembre 13). *Structure verte et biodiversité urbaine. : L'espace vert : Analyse d'un écosystème anthropisé*.
- Meyer, S. E., Callahan, M. A., Stewart, J. E., & Warren, S. D. (2021). Invasive Species Response to Natural and Anthropogenic Disturbance. In T. M. Poland, T. Patel-Weynand, D. M. Finch, C. F. Miniati, D. C. Hayes, & V. M. Lopez (Éds.), *Invasive Species in Forests and Rangelands of the United States: A Comprehensive Science Synthesis for the United States Forest Sector* (p. 85-110). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45367-1_5
- Millennium ecosystem assessment, M. E. A. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5). Island press Washington, DC.
- Ministère de la cohésion des territoires et des relations & avec les collectivités territoriales. (2021, octobre 15). *FASCICULE 35 – Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air du cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux de génie civil*.
- Ministère de l'Environnement, & de l'Énergie et de la Mer. (2017). *Stratégie nationale relative aux espèces exotiques envahissantes*.
- MIQCP. (2021). *Les espaces publics urbains*.
- MIQCP. (2022). *La commande publique de maîtrise d'oeuvre de projet de paysage* (31).
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1985). *An evolutionary theory of economic change* (digitally reprinted). The Belknap Press of Harvard Univ. Press.
- Noss, R. F. (2020). The Spectrum of Wildness and Rewilding : Justice for All. In H. Kopnina & H. Washington (Éds.), *Conservation* (p. 167-182). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-13905-6_12

- Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., & Clement, J. (2019). *Global resources outlook : 2019*. International Resource Panel, United Nations Envio, Paris, France.
- Purvis, A., Molnár, Z., Obura, D., Ichii, K., Willis, K., Chettri, N., Dulloo, M., Hendry, A., Gabrielyan, B., Gutt, J., Jacob, U., Keskin, E., Niamir, A., Öztürk, B., Salimov, R., & Jaureguiberry, P. (2019). *Chapter 2.2 Status and Trends –Nature*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3832005>
- Rejmánek, M., & Simberloff, D. (2017). Origin matters. *Environmental Conservation*, 44(2), 97-99. <https://doi.org/10.1017/S0376892916000333>
- Rey, F., Ballais, J.-L., Marre, A., & Rovéra, G. (2004). Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. *Comptes Rendus. Géoscience*, 336(11), 991-998. <https://doi.org/10.1016/j.crte.2004.03.012>
- Rivers, M. (2019). *European Red List of Trees*. IUCN, International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2019.ERL.1.en>
- Sakai, H., Nordfjell, T., Suadicani, K., Talbot, B., & Ebbe, B. (2008). Soil Compaction on Forest Soils from Different Kinds of Tires and tracks and Possibility of Accurate Estimate. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29, 15-27.
- Schjønning, P., & Lamandé, M. (2018). Models for prediction of soil precompression stress from readily available soil properties. *Geoderma*, 320, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.01.028>
- Service des données et études statistiques. (2023, mars). *Chiffres clés des transports—Édition 2023*. <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-transports-2023/credits.php>
- Soga, M., & Gaston, K. J. (2016). Extinction of experience : The loss of human–nature interactions. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14(2), 94-101. <https://doi.org/10.1002/fee.1225>
- Sommer, F., Dietze, V., Baum, A., Sauer, J., Gilge, S., Maschowski, C., & Gieré, R. (2018). Tire Abrasion as a Major Source of Microplastics in the Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 18(8), 2014-2028. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.03.0099>
- Sordello, R., Ratel, O., Flamerie De Lachapelle, F., Leger, C., Dambry, A., & Vanpeene, S. (2020). Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity : A systematic map. *Environmental Evidence*, 9(1), 20. <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00202-y>
- Suchocka, M., Jankowski, P., & Błaszczuk, M. (2019). Tree protection on construction sites – Knowledge and perception of Polish professionals. *Urban Forestry & Urban Greening*, 46, 126436. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126436>
- Troldborg, M., Aalders, I., Towers, W., Hallett, P. D., McKenzie, B. M., Bengough, A. G., Lilly, A., Ball, B. C., & Hough, R. L. (2013). Application of Bayesian Belief Networks to quantify and map areas at risk to soil threats : Using soil compaction as an example. *Soil and Tillage Research*, 132, 56-68. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.05.005>
- Tsopelas, P., Santini, A., Wingfield, M. J., & Wilhelm de Beer, Z. (2017). Canker Stain : A Lethal Disease Destroying Iconic Plane Trees. *Plant Disease*, 101(5), 645-658. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-16-1235-FE>
- UNEP, AITF, FFP, HORTIS, & A-IGéco. (2019). *N.C.4-R0 : Travaux de génie écologique* (P.C.1-R0; Règles professionnelles, p. 57).
- Valcin, M. (2023). L'appropriation de l'espace aux marges du dispositif de production. *Carnets de géographes*, 17, Article 17. <https://doi.org/10.4000/cdg.9448>
- Van Zanten, A. (2013). Ethnographie. *Sociologie*. <https://journals.openedition.org/sociologie/1767>
- Von der Lippe, M., & Kowarik, I. (2007). Long-distance dispersal of plants by vehicles as a driver of plant invasions. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 21(4), 986-996. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00722.x>
- Zink, T., & Geyer, R. (2017). Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 593-602. <https://doi.org/10.1111/jiec.12545>

9 ANNEXES

9.1 TYPOLOGIE & MATRICE DES ESPACES VERTS URBAINS SELON LEUR STATUT, FONCTIONS ET FOURNITURE POTENTIELLE DE SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ASSOCIÉS, TRADUIT ET MODIFIÉ D'APRÈS JONES ET AL., (2022)

		Services écosystémiques (Quantité par unité d'aire)											
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l'air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l'eau	Influence sur les écoulements d'eau	Maintien de stocks de carbone	Support d'activité physique	Support d'interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
Parcs, jardins, squares (<i>espace public mais certaines restrictions d'accès peuvent s'appliquer</i>)	Squares	Petit (jusqu'à 0.4 ha); mélange de revêtement, strates herbacée, quelques arbres	Faible	Faible	Faible	Faible	Fort	Moyen	Faible	Moyen	Très fort	Fort	Moyen
	Parcs	Plus grand que 0.4 ha; strate herbacée plus importante que strate arborée, peut contenir des zones humides, des surfaces imperméables et des infrastructures	Faible	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Fort	Très fort	Très fort	Très fort	Fort
	Jardins botaniques	Généralement davantage d'arbres que dans un parc	Faible	Fort	Très fort	Très fort	Fort	Moyen	Fort	Moyen	Fort	Très fort	Très fort
	Jardins historiques	Assez similaires aux parcs, avec une disposition plus formelle, plus de fleurs	Moyen	Moyen	Fort	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Moyen	Fort	Très fort	Fort
	Pépinières municipales	Zone de croissance pour les jeunes plants, quelques arbres matures	Moyen	Moyen	Faible	Faible	Fort	Moyen	Moyen	Faible	Moyen	Moyen	Faible
Zones de commodités/loisirs (<i>Zones</i>)	Terrains de sports	Gazon, surface non artificielle	Négligeable	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Très fort	Fort	Moyen	Négligeable

Services écosystémiques (Quantité par unité d'aire)													
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l'air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l'eau	Influence sur les écoulements d'eau	Maintien de stocks de carbone	Support d'activité physique	Support d'interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
conçues principalement pour des loisirs spécifiques)	Cour d'école, centre de loisirs, crèche	Majoritairement recouverte d'un revêtement imperméable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Très fort	Très fort	Moyen	Négligeable
	Terrains/Aires de jeux	Mélange de revêtements et d'herbes	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Faible	Faible	Négligeable	Très fort	Très fort	Moyen	Négligeable
Autres espaces publics (zones conçues principalement pour des usages spécifiques (pas pour les loisirs) ; certaines restrictions d'accès peuvent s'appliquer)	Cimetières	Strate herbacée prégnante, arbres et surfaces revêtis	Négligeable	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen	Fort	Faible	Faible	Très fort	Fort
	Jardins partagés/autre espace de culture	Principalement des cultures basses, sol fréquemment perturbé	Très fort	Moyen	Faible	Faible	Négligeable	Moyen	Négligeable	Fort	Fort	Très fort	Fort
	Ferme urbaine	Principalement des cultures basses, sol fréquemment perturbé	Très fort	Moyen	Faible	Faible	Négligeable	Moyen	Négligeable	Moyen	Moyen	Fort	Moyen
	Espaces publics adoptés	Principalement des « bacs » ou des « jardinières » avec des fleurs ou de petits arbustes, dans l'espace public.	Faible	Moyen	Faible	Faible	Faible	Faible	Négligeable	Négligeable	Faible	Moyen	Faible
	Espaces ouverts partagés de bâtiments publics ou privés (entreprises, services	Potentiellement assez similaires aux parcs	Faible	Fort	Fort	Fort	Fort	Moyen	Fort	Très fort	Très fort	Très fort	Fort

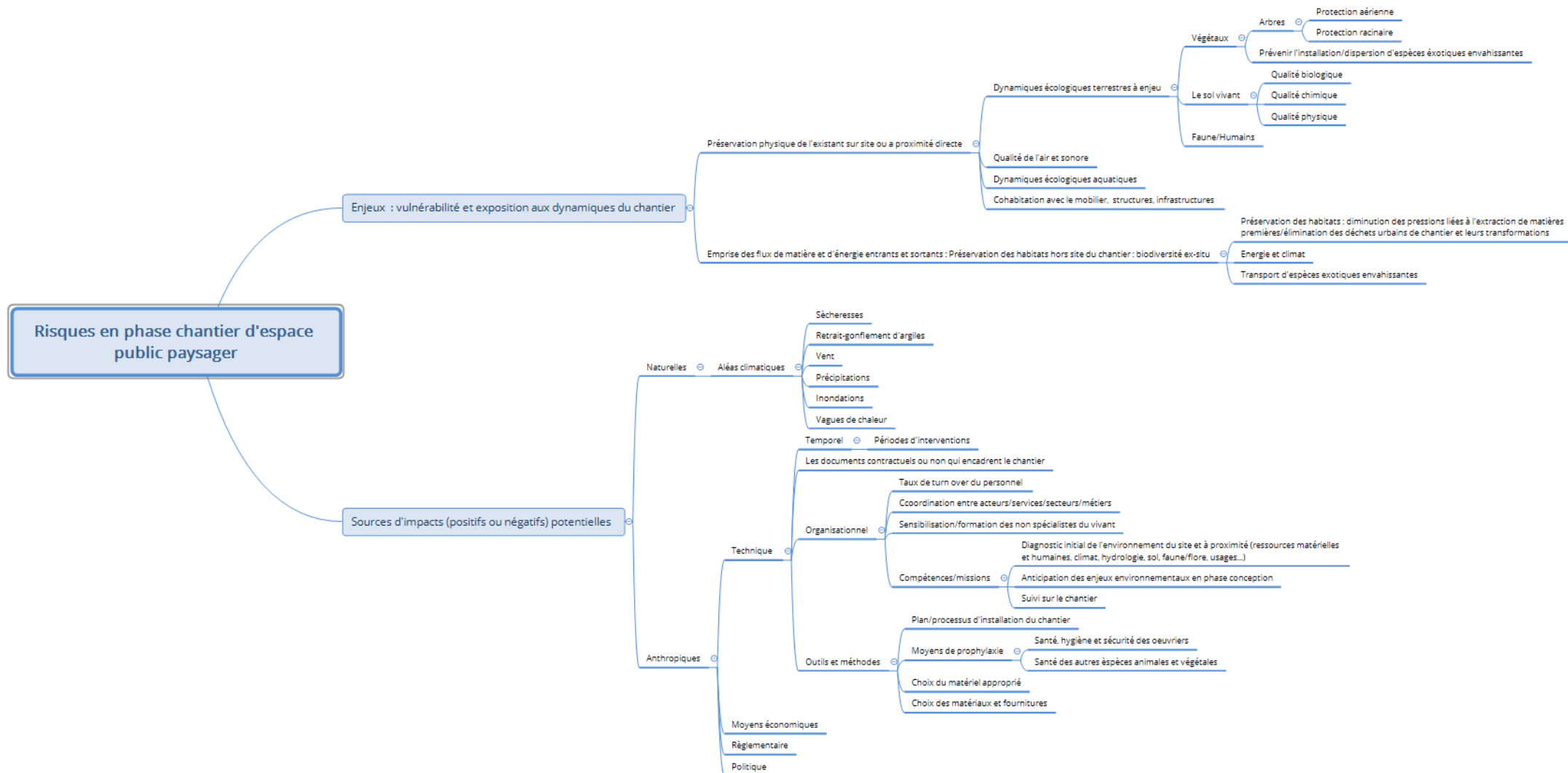
Services écosystémiques (Quantité par unité d'aire)													
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l'air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l'eau	Influence sur les écoulements d'eau	Maintien de stocks de carbone	Support d'activité physique	Support d'interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
	déconcentrés, structures medico-sociales, structures d'enseignement supérieur....)												
Caractéristiques linéaires (liés aux itinéraires, aux caractéristiques géographiques et aux frontières)	Arbre de rue	Généralement des arbres de hauteur faible à moyenne, mais parfois de grande taille.	Faible	Fort	Faible	Fort	Faible	Faible	Moyen	Négligeable	Faible	Fort	Moyen
	Piste cyclable (comme corridor bleu/vert)	Surface généralement nue, avec des accotements en herbe	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Très fort	Moyen	Fort	Faible
	Chemin de marche (comme corridor bleu/vert)	Surface généralement nue, avec des accotements en herbe	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Faible	Très fort	Très fort	Fort	Faible
	Accotement de route	Généralement de l'herbe	Faible	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Faible	Négligeable	Négligeable	Faible	Faible
	Corridor ferroviaire	Terrain le long de l'infrastructure ferroviaire, souvent des arbustes ou des arbres	Négligeable	Très fort	Très fort	Très fort	Faible	Moyen	Fort	Négligeable	Négligeable	Faible	Très fort

Services écosystémiques (Quantité par unité d’aire)													
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l’air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l’eau	Influence sur les écoulements d’eau	Maintien de stocks de carbone	Support d’activité physique	Support d’interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
	Ripisylve	Généralement des arbres matures ou d’âge mixte	Faible	Très fort	Très fort	Très fort	Très fort	Fort	Très fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	Haie	Généralement formé d’arbustes entretenus, de 1 à 2 m de haut	Faible	Moyen	Faible	Faible	Fort	Fort	Moyen	Négligeable	Négligeable	Moyen	Moyen
Infrastructures vertes construites sur les infrastructures publiques (espaces verts et bleus construits, ajoutés aux infrastructures)	Toit vert (extensif)	Généralement composé de Sedum et d’autres espèces tolérantes à la sécheresse, de quelques graminées.	Négligeable	Faible	Négligeable	Faible	Faible	Fort	Faible	Négligeable	Négligeable	Faible	Faible
	Mur vert	Contient des espèces de faible stature ou suspendues, souvent entretenues par des infrastructures d’arrosage complexes.	Négligeable	Moyen	Moyen	Faible	Négligeable	Faible	Faible	Négligeable	Négligeable	Moyen	Faible
Infrastructures vertes hybrides pour l’eau (infrastructure conçue pour intégrer certaines infrastructures vertes)	Pavage perméable	Perméabilité limitée, pas/peu de végétation en général	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Fort	Fort	Négligeable	Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable
	Parking/route perméable	Perméabilité raisonnable, typiquement pavés de pierre ou pavés en plastique avec gazon	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Fort	Fort	Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
	Bassin d’atténuation	Bassin avec principalement de l’herbe et des roseaux, quelques arbres, avec un drainage géré pour les tempêtes.	Négligeable	Faible	Faible	Faible	Très fort	Très fort	Moyen	Négligeable	Faible	Moyen	Fort

Services écosystémiques (Quantité par unité d’aire)													
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l’air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l’eau	Influence sur les écoulements d’eau	Maintien de stocks de carbone	Support d’activité physique	Support d’interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
	Canal de contrôle des inondations	Généralement construits avec des talus de terre/de pierre ou du béton, certains contiennent des éléments naturels	Négligeable	Faible	Négligeable	Faible	Faible	Très fort	Faible	Négligeable	Faible	Négligeable	Moyen
	Jardins de pluie	Petites zones de drainage construites près des maisons/routes pour intercepter les eaux de ruissellement, souvent plantées d'arbustes, de plantes vivaces et de fleurs indigènes.	Faible	Moyen	Négligeable	Faible	Fort	Fort	Moyen	Négligeable	Négligeable	Fort	Moyen
	Noues	Structure souvent grande et longue, généralement recouverte d'herbe ou de végétation basse, près des routes/parking pour retenir ou ralentir l'eau de drainage.	Négligeable	Moyen	Faible	Faible	Moyen	Très fort	Moyen	Négligeable	Négligeable	Faible	Moyen
Masses d'eau	Zone humide	Zone humide naturelle ou construite, avec des roseaux/de la végétation haute	Négligeable	Moyen	Faible	Moyen	Très fort	Très fort	Moyen	Faible	Moyen	Très fort	Fort
	Rivière/Fleuve	Cours d'eau de petite à grande taille, souvent très modifié	Faible	Faible	Fort	Fort	Moyen	Fort	Faible	Moyen	Fort	Très fort	Fort
	Canal	Canal artificiel, parois verticales, débit contrôlé (généralement lent)	Faible	Faible	Faible	Moyen	Faible	Moyen	Faible	Moyen	Fort	Très fort	Faible

Services écosystémiques (Quantité par unité d'aire)													
Type (& description)	Catégorie	Description subjective/Hypothèses	Provision alimentaire	Epuration de la pollution de l'air	Atténuation du bruit	Atténuation de la chaleur	Influence sur la qualité de l'eau	Influence sur les écoulements d'eau	Maintien de stocks de carbone	Support d'activité physique	Support d'interactions sociales	Capacité de restauration – diminution du stress et restauration des capacités cognitives	Support de la biodiversité
	Mare/Etang	Petite masse d'eau <1 ha	Négligeable	Faible	Faible	Faible	Faible	Fort	Moyen	Faible	Fort	Très fort	Fort
	Lac	Grande masse d'eau >1 ha	Moyen	Faible	Moyen	Fort	Fort	Fort	Moyen	Fort	Fort	Très fort	Très fort
Autres surfaces publiques urbaines non scellées (Autres éléments non scellés sans usage spécifique)	Forêt (Autre)	Toute forêt non définie dans un élément au-dessus	Faible	Très fort	Très fort	Très fort	Fort	Fort	Très fort	Fort	Fort	Très fort	Très fort
	Prairie (Autre)	Toute prairie non définie dans les caractéristiques spécifiques ci-dessus	Faible	Faible	Faible	Faible	Moyen	Moyen	Faible	Très fort	Fort	Moyen	Moyen
	Fruticée (Autre)	Toute zone arbustive non définie dans les caractéristiques spécifiques ci-dessus	Faible	Moyen	Faible	Faible	Fort	Fort	Moyen	Moyen	Moyen	Fort	Fort
	Terres arables	Toute terre arable (les pâturages sont classés dans la catégorie Herbe (autre) ; les vergers sont classés dans la catégorie Bois (autre))	Très fort	Moyen	Faible	Faible	Négligeable	Faible	Négligeable	Faible	Négligeable	Faible	Faible
	Terrain à végétation clairsemée	Essentiellement de la terre nue, mais quelques plantes	Négligeable	Négligeable	Faible	Négligeable	Faible	Faible	Négligeable	Moyen	Moyen	Moyen	Faible

9.2 CARTE MENTALE DES RISQUES EN PHASE CHANTIER D'ESPACE PUBLIC PAYSAGER



Jules Larguet

2023-2024

Démarrage du programme d'étude "Eco-chantier" : analyse des risques et enjeux en phase chantier d'espace public paysager

RÉSUMÉ

La phase chantier peut être perçue comme l'aboutissement d'un projet d'aménagement par le passage du plan à la réalité, et une période de transition des dynamiques d'un site. En s'intéressant à la construction des espaces végétalisés à usage collectif en contexte urbain, ce rapport propose un premier panorama des enjeux et des sources d'impacts (conception, économie, communication, contexte politique, injonctions spatio-temporelles, moyens techniques...) durant cette étape chantier par une approche inductive alliant une série d'entretiens semi-directifs, des observations de chantiers, ainsi que des lectures bibliographiques.

Mots clés : enjeux / chantier / espaces publics paysagers / observations / espace public / entretiens

ABSTRACT

The construction phase can be seen as the culmination of a development project, marking the transition from planning to reality, and a period of transition for the dynamics of a site. Focusing on the construction of vegetated spaces for collective use in an urban context, this report provides an initial overview of the issues and sources of impact (design, economics, communication, political context, spatial-temporal constraints, technical resources, etc.) during this construction phase through an inductive approach that combines a series of semi-structured interviews, site observations, and bibliographic readings.

Keywords: issues / construction site / landscaped public spaces / observations / public space / interviews

Maison du Végétal, 26 Rue Jean Dixmeras, 49000 Angers

Tuteur académique :

François Isselin

Maitre de conférences Ecologue

Tuteur entreprise :

Sandrine Larramendy

Chargée de mission "Approches intégrées
Végétal-Paysage-Urbanisme"