



Racines & réseaux : (a)ménager la cohabitation

Vol. 1 : Comprendre – Guide technique

Rédaction

Pauline Laïlle, Claire Courtant et Alice Meyer-Grandbastien, Plante & Cité

Coordination éditoriale

Gaëlle Rigollet et Aurore Micand, Plante & Cité

Contributions

Robin Dagois et Florence Cadeau, Plante & Cité ; Ophélie Touzé et Augustin Bonnardot, CAUE 77 ; Claire Atger, Pousse Conseil

Remerciements

Membres du comité de pilotage :

Claire Atger, Pousse Conseil ; Thierry Baurand, Enedis ; Jean-Antoine Beal et Ahmed Gaha, GRDF ; Philippe Blanco, Ville d'Angers ; Augustin Bonnardot et Ophélie Touzé, CAUE 77 ; Corinne Bourger, Citare ; Yves Caraglio, CIRAD, UMR AMAP ; David Chevet, ONF ; Aurélien Chezeau, Le Teil, CEFA Montélimar ; Didier Colin, IDRRIM ; Olivier Damas, Fleur de Sol ; François Freytet, Nantes Métropole, Copalme ; Nathalie Gaudion, Les Canalisateurs ; Michel Greuzat, Cabinet Greuzat et Ordre des Géomètres-Experts ; Georges Le Corre, Observatoire National DT/DICT ; Jean-François Maregiano, JFM Réseaux ; Thierry Martin et Franck Deutsch, conseil départemental des Hauts-de-Seine ; Xavier Marie, Sol Paysage ; Margot Michault, UNEP ; Jean-Pierre Orange, Ville de Saran ; Laurent et Geneviève Rigou, Atelier Sols, Urbanisme et Paysage ; Franck Rouzier, Brin d'herbes services ; Loriane Roussel et Jean Verrier, FNEDRE ; Christophe Schwartz, Université de Lorraine ; Frédéric Ségur, Arbre, Ville & Paysage ; Véronique Vaslier et Audrey Lecuyer, NaTran (anc. GRTgaz)

Membres du GT GRDF-France Urbaine et/ou de la CN AVEP :

Jean-Antoine Beal, GRDF ; Ludovic Delestrez, Métropole de Lille ; Franck Deutsch, CD 92 ; François Durquety, Bordeaux Métropole ; Claude Faure, AITF ; Olivier Gazeau, Enedis ; Yann Le Goff, Ville de Paris ; Céline Perez, Ville de Mulhouse ; Valentin Raynaud, Orange ; Sylvie Rouault, Rennes Métropole

Financement

La création de cet ouvrage, réalisé dans le cadre du projet RESEAUX (*Réseaux racinaires et réseaux enterrés, quelle cohabitation possible en ville ?*), a bénéficié du soutien financier de :



Graphisme et illustration

Maquette et mise en page : La Fabrique Rouge

Photo de couverture : Réseaux apparents lors de travaux à Beaucouzé. / G. Rigollet

Quatrième de couverture : Enracinement superficiel dans une forêt jurassienne. / C. Courtant

Mentions légales

N° ISBN : 978-2-38339-042-8

Éditeur : Plante & Cité, 26 rue Jean Dixmèras, 49100 Angers

Date de parution : Octobre 2025

Pour citer cette publication : Laïlle P., Courtant C., Meyer-Grandbastien A., 2025. **Racines & réseaux : (a)ménager la cohabitation.**

Vol. 1 : Comprendre – Guide technique. Plante & Cité, Angers. 80 p.

Sommaire

Avant-propos	5
Chapitre 1. Contexte	7
(1.1) Enjeux : les arbres, les racines et les réseaux dans l'espace urbain	8
Des arbres urbains essentiels et vulnérables	8
Des réseaux enterrés nécessaires et omniprésents	8
Intensification ou végétalisation de l'espace urbain : des tensions croissantes	10
(1.2) Les acteurs, leurs rôles et responsabilités	14
Une diversité d'acteurs avec des rôles et des responsabilités propres	14
Sécurité et budgets : qui est responsable ?	17
Synthèse	19
Chapitre 2. Notions clés	20
(2.1) Les sols urbains, sièges des relations sols-plantes et sols-réseaux	21
Les sols urbains : définition et spécificités	21
Les fonctions attendues des sols urbains vis-à-vis des plantations et des réseaux	23
Tenir compte des sols pour instaurer une bonne cohabitation racines-réseaux	26
(2.2) Les systèmes racinaires des arbres	27
Préambule : l'arbre	27
La racine et le système racinaire	28
Actualiser les pratiques face aux idées reçues	33
Vers des pistes d'action	38
(2.3) Les réseaux enterrés	39
Les différents types de réseaux enterrés et leurs spécificités techniques	39
Les contraintes techniques et sécuritaires spécifiques	
aux différents types de réseaux enterrés	43
Les types d'opérations de gestion des réseaux	49
Synthèse	50
Chapitre 3. Cohabitation	51
(3.1) Compétition, dégâts réciproques : les causes et conséquences des cohabitations problématiques	52
Les différentes situations de cohabitation problématique	52
La voirie, siège de la cohabitation arbres-réseaux	52
Quelques situations hors contexte de voirie	53
La nature des dégâts rencontrés	54
Les déterminants à l'origine des problèmes de cohabitation	60
(3.2) Le cadre juridique à l'interface des arbres et des réseaux enterrés	64
Les réseaux, les arbres et leurs racines dans le droit	64
Anticiper : connaître et protéger l'existant	64
Concevoir : aménager la cohabitation des plantations et des réseaux enterrés	68
Mettre en œuvre : des réflexions pour sécuriser les interventions	70
Gérer la cohabitation : de l'identification des dommages à l'indemnisation des dégâts	72
Un cadre juridique perfectible, mais adaptable	74
Synthèse	75
Annexes	76
Glossaire	77
Index	79

Ce guide technique *Racines & réseaux : (a)ménager la cohabitation* est constitué de deux volumes complémentaires.

Le vol. 1 « Comprendre » fait le point sur les enjeux dans l'espace urbain, sur les différents acteurs concernés et leurs rôles. Il expose ensuite les bases sur les sols urbains, sur les systèmes racinaires et sur les réseaux enterrés. Enfin, la cohabitation arbres-réseaux est elle-même décrite, à travers les types de dégâts et de situations problématiques, puis le cadre juridique national en vigueur à l'interface arbres-réseaux-sols est exposé et discuté.

Le vol. 2 « Agir », en cours de rédaction et à paraître prochainement, présente des pistes d'action concrètes, à travers la trame « anticiper, concevoir, mettre en œuvre et gérer ». Elles donnent une grande part à l'amont des projets (connaissance de l'existant, coordination entre acteurs, cadre réglementaire local) et aux phases avant-projet et conception (diagnostics préliminaires, choix du végétal, fosse d'arbre et protection des réseaux, colocalisation des réseaux). Enfin, des modes opératoires respectueux des arbres, des sols et des réseaux y sont exposés.

Avant-propos

Dans les sous-sols urbains, racines des arbres et réseaux enterrés se disputent la place disponible, de plus en plus limitée, ce qui provoque des **difficultés de cohabitation**. Les interventions sur réseaux nécessitent des terrassements qui mutilent les arbres à proximité, obérant leur sûreté et leur survie à moyen terme. À l'inverse, le développement opportuniste des racines les conduit volontiers dans les tranchées, infrastructures réseaux et canalisations, perturbant leur fonctionnement voire générant des dégâts. Enfin, le mouvement global d'arborisation des aires urbaines à des fins d'adaptation climatique pousse les collectivités à demander des dévoiements coûteux aux concessionnaires réseaux.

Dans ce contexte, **le projet Réseaux racinaires et réseaux enterrés, quelle cohabitation possible en ville ? (RESEAUX, 2021-2025)** étudie comment instaurer une cohabitation pérenne entre ces ouvrages, le plus en amont possible des projets d'aménagement. Ce projet a bénéficié du soutien financier de l'Interprofession VALHOR et de l'Ordre des Géomètres-Experts.

Le projet s'est doté d'un comité de pilotage représentant l'ensemble des métiers concernés (cf. Remerciements p. 2). Le travail s'est déroulé en plusieurs phases :

- 1. État de l'art** et veille bibliographique, scientifique et technique, tout au long du projet.
- 2. Enquête quantitative** à destination de tous les métiers concernés (2022, 232 réponses exploitables).
- 3. Études de cas** et entretiens dirigés pour documenter des réalisations locales inspirantes.
- 4. Groupes de travail** ciblés : détection, conception, ingénierie des sols.

Ce guide technique synthétise les résultats obtenus. Il s'adresse aux **gestionnaires de patrimoine** (arbres et réseaux), aux **professionnels de la conception** (paysage ; voirie et réseaux divers [VRD]), de la **détection**, du **conseil** (bureaux d'études [BE] spécialisés, géomètres), et de la **mise en œuvre** (entreprises chargées de travaux paysagers et VRD).

Les extraits de normes figurant dans cet ouvrage sont reproduits avec l'accord d'AFNOR. Seul le texte original et complet de la norme telle que diffusée par AFNOR – accessible via le site internet www.afnor.org – a valeur normative.

Liste des sigles

AC : Assainissement collectif	HP : Haute pression
AEP : Adduction d'eau potable	HTA : Haute tension A
AFNOR : Association française de normalisation	HTB : Haute tension B
AIPR / AIP-Arbre : Autorisation d'intervention à proximité de réseaux / arbres	IC : Investigations complémentaires
ALM : Angers Loire Métropole	ICU : Ilot de chaleur urbain
AMO : Assistance à maîtrise d'ouvrage	IDRRIM : Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité
ATU : Avis de travaux urgents	Ineris : Institut national de l'environnement industriel et des risques
BE : Bureau d'études	ML : Mesures de localisation
BT : Basse tension	MOA : Maîtrise d'ouvrage
CAUE 77 : Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement de Seine-et-Marne	MOE : Maîtrise d'œuvre
CCAG : Cahier des clauses administratives générales	MS : Matière sèche
CCAP : Cahier des clauses administratives particulières	NRE : Notice de respect de l'environnement
CCP : Chancre coloré du platane	OAP : Orientations d'aménagement et de programmation
CCTG : Cahier des clauses techniques générales	OL : Opérations de localisation
CCTP : Cahier des clauses techniques particulières	ONF : Office national des forêts
CEC : Capacité d'échange cationique	PCRS : Plan corps de rue simplifié
Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement	PE : Polyéthylène
CGCT : Code général des collectivités territoriales	PEHD : Polyéthylène haute densité
CN AVEP : Commission de normalisation des aménagements de voirie et espaces publics	pH : Potentiel hydrogène
CNIG : Conseil national de l'information géographique	PLU (c, i, m) : Plan local d'urbanisme (communal, intercommunal, métropolitain)
DCE : Dossier de consultation des entreprises	PRE : Plan de respect de l'environnement
DICT : Déclaration d'intention de commencement de travaux	PVC : Polychlorure de vinyle
DSP : Délégation de service public	RSDG : Règlement de sécurité de la distribution de gaz
DT : Déclaration de projet de travaux	SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes
DUP : Déclaration d'utilité publique	SIG : Système d'information géographique
EBC : Espaces boisés classés	SOPRE : Schéma d'organisation du plan de respect de l'environnement
EP : Eaux pluviales	StaR-DT : Standard géographique de réseaux pour les réponses aux déclarations de travaux
EPCI : Établissement public de coopération intercommunale	TBT : Très basse tension
ERC : Éviter, réduire, compenser	UNEP : Union nationale des entreprises du paysage
EU : Eaux usées	VRD(/ TP) : Voirie et réseaux divers (/ travaux publics)
GEM OTM : Groupe d'études des marchés ouvrages, travaux et maîtrise d'œuvre	ZAC : Zone d'aménagement concerté
GRDF : Gaz réseau distribution France	
GTR : Guide des terrassements des remblais et des couches de forme	



CHAPITRE 1

Contexte

1.1 ENJEUX :

les arbres, les racines et les réseaux dans l'espace urbain

Pourquoi la cohabitation entre les arbres et les réseaux est-elle une nécessité face aux enjeux climatiques et démographiques ? Cette partie expose les constats à l'origine de ce recueil.

Des arbres urbains essentiels et vulnérables

Des services rendus à l'environnement et aux habitants

Les arbres rendent des services écosystémiques indispensables, y compris en milieu urbain. Ils préservent la **bio-diversité** en tant que lieu de refuge, de reproduction et d'alimentation pour la faune (oiseaux, insectes et petits mammifères), la flore, la fonge et les micro-organismes aériens et souterrains qui leur sont inféodés.

Ils améliorent la qualité de l'**air** en transformant le CO₂, l'un des principaux gaz à effet de serre, en dioxygène (O₂) et en matières organiques (sucres solubles stockés dans les organes puits – fleurs, fruits, racines). Ils assurent également une fonction de phytoépuration en fixant les poussières et les particules fines sur leur feuillage, et de phytoremédiation en absorbant certains polluants gazeux par les pores des feuilles, les stomates.

Ils sont des piliers de la lutte contre les **ilots de chaleur urbains (ICU)** et de l'amélioration du confort thermique des habitants. Un arbre mature peut absorber jusqu'à 450 L d'eau par jour si ses racines y ont accès dans le sol. Il en stocke 5 % pour ses besoins physiologiques et évacue les 95 % restants par évapotranspiration, afin de réguler sa température et celle de l'air environnant. Grâce à cet effet conjugué à l'ombre portée par le houppier, un arbre peut réduire la température ressentie de 10 °C. En conditions hydriques favorables, les arbres constituent ainsi de véritables climatiseurs naturels.

Ils améliorent également la stabilité et la qualité des **sols** : les systèmes racinaires les protègent de l'érosion, contribuent à capter les polluants et à réguler les cycles de l'eau et des éléments géochimiques (carbone, azote, etc.).

Les arbres sont tout aussi bénéfiques à notre **cadre de vie**, via des effets directement ressentis tels que l'amélioration de la qualité et de la température de l'air, l'atténuation du bruit ambiant ou le confort de circulation sur la voirie. Les aménités paysagères qu'offrent les arbres ont des effets reconnus sur la **santé humaine** physique, mentale et sociale, si bien que le principe du « 3-30-300 » est de plus en plus largement recommandé (vivre avec une vue sur trois arbres, dans un quartier à 30 % de couvert arboré et à moins de 300 m d'un parc). Plus largement, les arbres sont empreints d'une valeur esthétique, culturelle et patrimoniale, générant localement un attachement fort.

Des arbres vulnérables face aux contraintes urbaines

En milieu urbain, les arbres sont soumis à de **fortes pressions** induites par l'anthropisation. Leurs mécanismes de croissance et de développement s'en voient largement altérés par rapport aux arbres ruraux et forestiers, si bien que l'espérance de vie d'un arbre urbain est largement inférieure à celle d'un arbre en conditions naturelles (une trentaine d'années en moyenne pour un arbre de rue, contre plusieurs centaines d'années). Parmi les contraintes subies, on peut citer :

- des conditions hydriques difficiles (imperméabilisation, altération du chemin des eaux de ruissellement et souterraines) ;
- le mauvais état des sols (compaction, pauvreté organique, pollutions), des eaux de ruissellement et de l'air (pollutions) ;
- des risques de dommages (chocs, travaux, incivilités) ;
- les contraintes climatiques (ICU, réverbérations, vents desséchants).

La conjugaison de ces facteurs affaiblit les arbres, entraînant par exemple des brûlures des feuilles et des écorces qui induisent des troubles physiologiques et des nécroses, une sensibilité accrue aux bioagresseurs, etc. Ces contraintes doivent être prises en compte aux différentes étapes des projets impliquant des arbres, existants ou à planter.

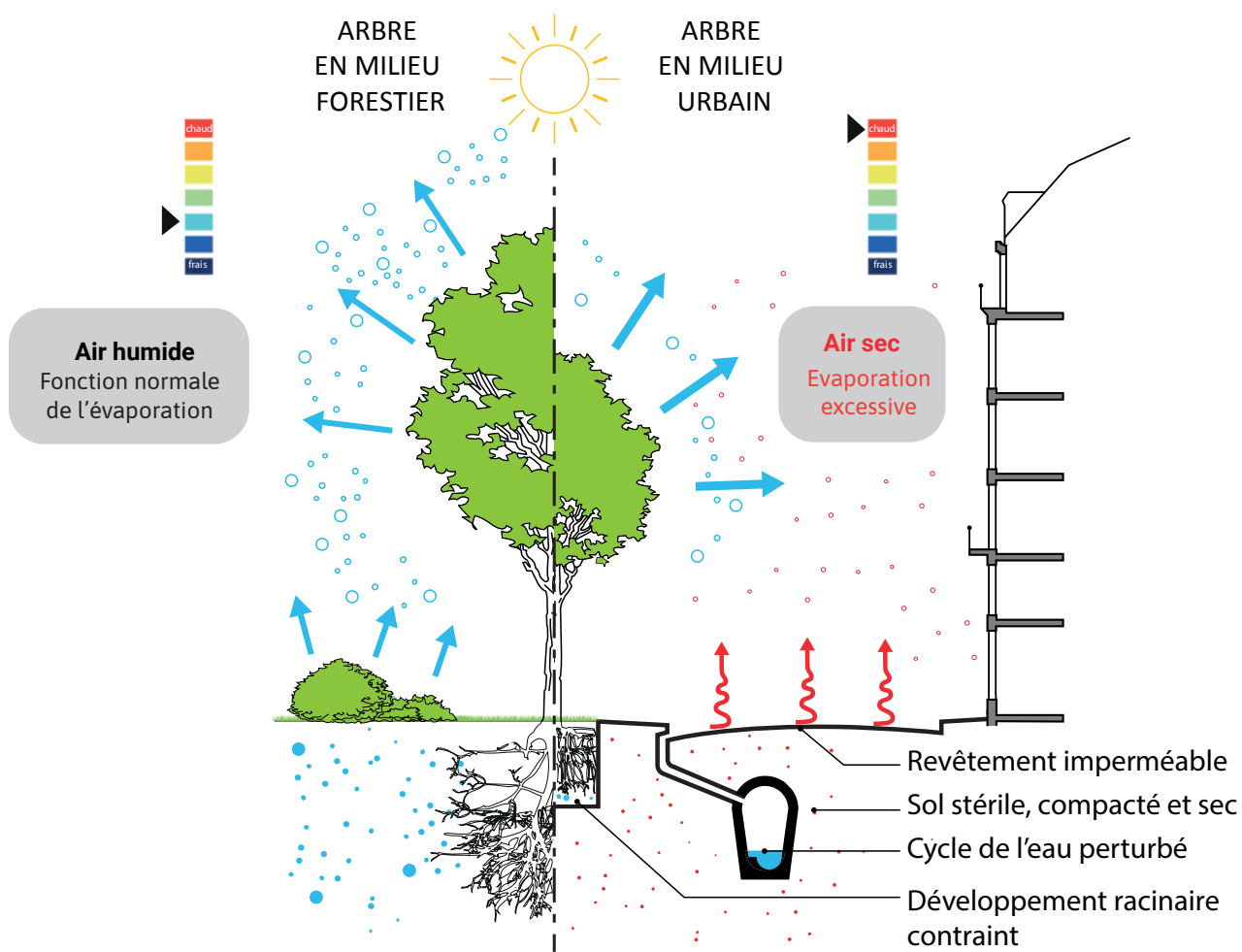
Des réseaux enterrés nécessaires et omniprésents

Des fonctions indispensables, une variété d'ouvrages

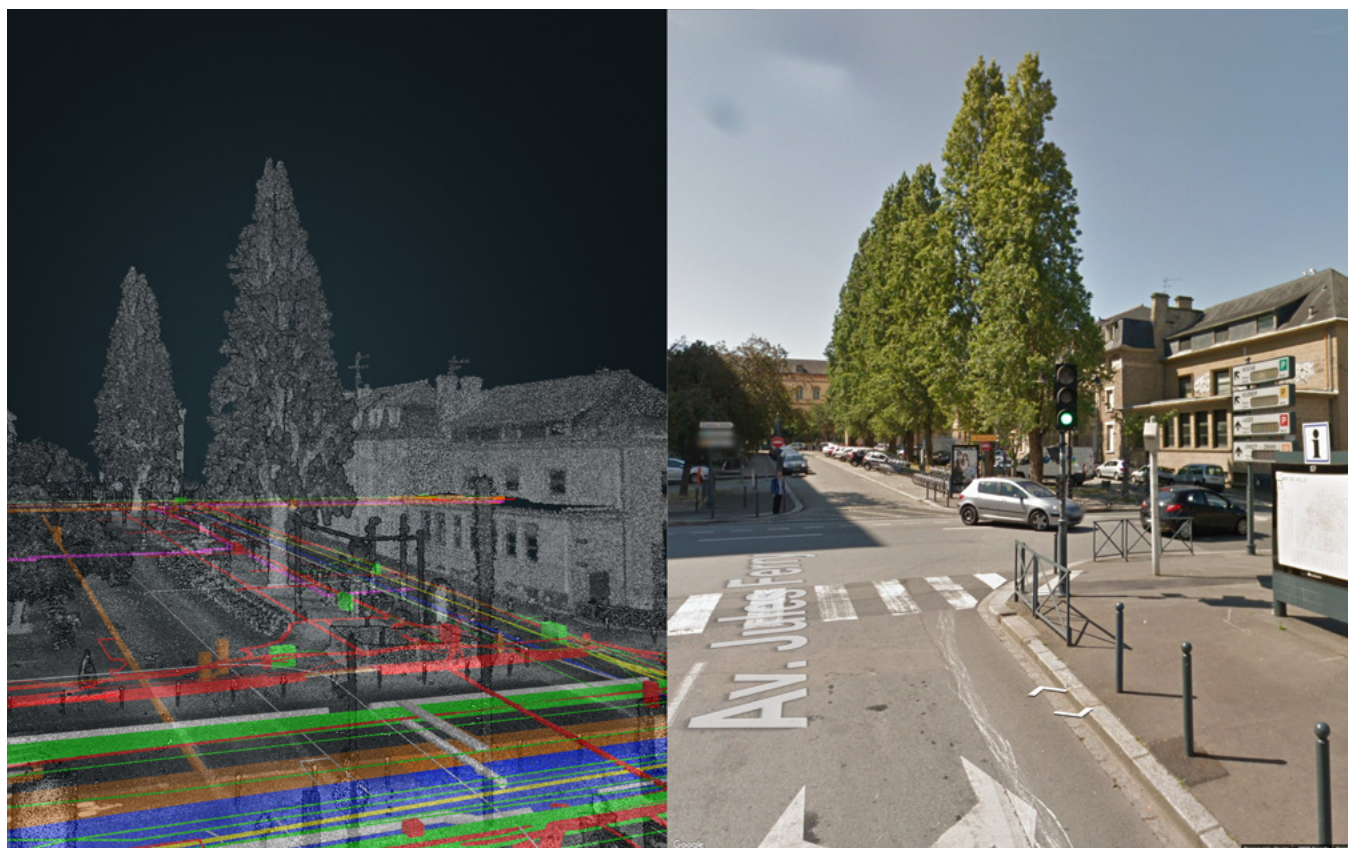
Les réseaux enterrés assurent le transport et la distribution de **fluides** (eaux potables, pluviales ou usées ; gaz combustibles et hydrocarbures liquides ou liquéfiés ; produits chimiques), d'**énergies** (électricité basse et haute tension ; éclairage public ; chauffage et climatisation urbaine) et de **télécommunications** (fibre optique, téléphonie) nécessaires à la vie des habitants et à l'activité économique. Leurs dimensions, leurs matériaux et leur localisation dans les sols varient selon leurs fonctions. Ils peuvent par exemple être souples ou rigides, secs ou humides, sensibles ou non (cf. 2.3 p. 39).

L'enfouissement des réseaux : des avantages multiples

Depuis une trentaine d'années, l'enfouissement des réseaux est de plus en plus fréquent pour des raisons multiples : **sécurité et continuité de service** (protection face aux risques de dégradations naturelles, volontaires ou accidentelles), **circulation des personnes, esthétique paysagère** (épurer le ciel et la chaussée) et **isolation** thermique. De cette manière, les coûts d'entretien et de maintenance sont considérablement réduits, bien que ceux de mise en œuvre restent très supérieurs à ceux observés sur les installations aériennes.



*Incidences du microclimat urbain sur le développement des arbres, comparaison avec le milieu forestier, d'après F. Freydet.
/ Apur, Atténuer les îlots de chaleur urbains - Cahier n° 5 : méthodes et outils de conception des projets, 2020, p. 20*



Visualisation en trois dimensions des réseaux enterrés dans la plateforme VILLES ET RESEAUX 3D. / Entreprise VILLES ET RESEAUX 3D

Cette tendance concerne en particulier les réseaux souples et secs comme l'électricité, l'éclairage public et les télécommunications, dont le linéaire a considérablement augmenté avec l'avènement des nouvelles technologies. Les poses de nouveaux réseaux vont de pair avec l'intensification urbaine, si bien que dans certains sols déjà densément peuplés d'ouvrages (dont des réseaux abandonnés), le respect des normes* de distanciation usuelles est un défi. En outre, les interventions sur réseaux (pose ou reprise) impliquent de suivre des normes spécifiques au type de réseau concerné et au milieu d'exploitation (zones de servitude*, distances relatives, terrassement et remblaiement, cf. 3.2 p. 68).

Intensification ou végétalisation de l'espace urbain : des tensions croissantes

L'expansion puis la relative stabilisation des réseaux enterrés à l'échelle nationale

L'« urbanisme des réseaux », jusqu'alors gouverné par l'équipement et l'extension, connaît actuellement un changement de paradigme. Auparavant accompagnateurs et accélérateurs de croissance, les grands réseaux fixes connaissent une contraction due à la baisse de la demande dans certains services. Ce phénomène s'observe en particulier pour la fourniture d'eau et d'énergie, en raison de la meilleure performance des appareils domestiques et de la mise en place des politiques actuelles de sobriété et de transition énergétique : on parle de *shrinking networks*. Certains réseaux deviennent surdimensionnés de fait, ce qui les éloigne de leur optimum technique de fonctionnement et génère une vulnérabilité accrue. L'« urbanisme des réseaux de la ville sobre » se dessine autour d'un **nouveau régime centré sur la maintenance, le renouvellement et la gestion de l'existant**. En outre, les nouveaux modes de production et de consommation de services (énergies, eau, chaleur et froid) répondent aujourd'hui à des logiques plus décentralisées, marquées par une recherche d'échanges courts et de relations circulaires. Des « micro-réseaux » (par opposition aux grands réseaux nationaux) se développent ainsi, conçus et opérés par des acteurs locaux. De nouvelles exigences émergent à l'échelle des projets urbains, autour d'une **meilleure coordination entre les mondes de l'aménagement et des réseaux**.

À l'échelle nationale, les services de l'État identifiaient **4 millions de km de réseaux** en France en 2012. Les **2/3 sont enterrés** et majoritairement concentrés en zones urbaines, **sous chaussées** (réseaux fixes de transport) et **trottoirs publics** (distribution, éclairage public). En guise de comparaison, on dénombrait 705 000 km de routes communales et 379 000 km de départementales en 2021, soit **en moyenne 2,5 km de réseaux enterrés pour 1 km de voirie publique**. La dynamique spatio-temporelle de déploiement-renouvellement des réseaux enterrés varie selon leur type et le territoire concerné.

Transport d'électricité : Réseau de transport d'électricité (RTE) exploite 98 762 km de réseau aérien et 7 055 km (6 % du total) de réseau souterrain en 2024. Ils ont vu leur linéaire évoluer sur les 10 dernières années, avec 293 km/an créés, 21 km/an renouvelés, et 11 km/an déposés.

Distribution d'électricité : Enedis exploite 1,4 million de km de réseaux en 2021, parmi lesquels 202 000 km de réseaux souterrains pour les villes et agglomérations de plus de

100 000 habitants. Sur ce même périmètre, 3 000 km de réseaux sont créés et mis en exploitation annuellement. Enedis gère le réseau public de distribution d'électricité sur 95 % du territoire français. Les 5 % restants sont gérés par des entreprises locales de distribution.

Transport de gaz : la France dispose de 37 550 km de réseaux de transport de gaz, gérés principalement par NaTran (anc. GRTgaz) (32 600 km) et Téréga (5 100 km dans le Sud-Ouest). Ils sont posés en grande majorité (90 %) hors zones urbaines, sur des terrains privés.

Distribution de gaz : Gaz réseau distribution France (GRDF) exploite 208 000 km de réseaux en 2023, dont plus de 90 % en zones urbaines, essentiellement sous chaussées et trottoirs (domaine public). Le réseau s'accroît actuellement de 1 000 km/an environ, essentiellement en zone rurale pour le raccordement des producteurs de biométhane et les maillages intercommunaux. GRDF n'est pas le seul concessionnaire de réseaux gaz, mais de très loin celui qui gère le patrimoine le plus important, acheminant 96 % du gaz distribué en France. Les autres concessionnaires gèrent quelques centaines de km, et deux seulement gèrent entre 2 et 3 000 km.

Eau et assainissement : en 2021, l'observatoire national des services d'eau et d'assainissement (avec le système d'information sur les services publics d'eau et d'assainissement) faisait état de 910 000 km de réseaux d'eau potable (pour 6 400 services gestionnaires) et 402 000 km de réseaux d'assainissement (pour 6 500 services collectifs et 1 250 services non collectifs). Le taux de renouvellement annuel était de 0,66 % pour l'eau potable et 0,48 % pour l'assainissement collectif (AC) (moyenne sur 5 ans).

Chaleur et froid : ces réseaux font l'objet d'une politique de développement volontariste, visant à multiplier par cinq les quantités de chaleur livrées à l'horizon 2030 (Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte 2015, Plan de libération des énergies renouvelables 2018). À ces fins, l'État prévoit d'accompagner 50 à 60 collectivités par an dans les étapes préliminaires au déploiement d'un réseau de chaleur local. En 2022, le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) dénombrait 6 199 km pour 833 réseaux de chaleur et 225 km pour 32 réseaux de froid, principalement dans les grands centres urbains. Ces réseaux sont constitués d'environ 1/3 de tronçons structurants placés sous chaussées, et 2/3 d'antennes sous trottoirs ou espaces verts pour la desserte des abonnés.

Télécommunications : la fibre optique se déploie actuellement, en particulier en zones rurales, avec pour objectif de combler la fracture numérique communale. Les informations disponibles concernent le nombre d'abonnés plutôt que les linéaires concernés ou le positionnement des câbles.

Les réseaux de distribution des infrastructures urbaines denses sont aujourd'hui bien établis et les interventions concernent majoritairement des raccordements d'habitations, de la maintenance et des renouvellements, en particulier à l'occasion des projets de requalification urbaine. Les projets de création en zones vierges (ex. : zone d'aménagement concerté [ZAC]) suscitent généralement l'enfouissement et le raccordement de tous les réseaux de transport et distribution.

Planter moins, mais mieux

En réaction à l'accroissement de la fréquence et de l'intensité des feux de forêts, l'État annonçait dans sa feuille de route pour la transition écologique la plantation de 1 milliard d'arbres entre 2022 et 2032, afin de renouveler 10 % de la forêt française. La planification et le suivi de cette action sont facilités par les données de l'inventaire forestier national, travail grâce auquel la forêt française est bien connue et qualifiée. Aucun équivalent n'existe actuellement concernant les arbres urbains, dits « hors forêt », tant en termes de connaissances que d'objectif de développement à l'échelle nationale. Le Règlement européen sur la restauration de la nature (RERN 2024) comporte des dispositions spécifiques aux milieux urbains, déclinées dans le Plan nature en ville porté par le ministère de l'Environnement. Notamment, ces dispositions **interdisent la perte nette de couvert arboré** urbain d'ici 2030, et poussent à l'**augmentation des surfaces** d'espaces verts et arborés par la suite.

Le **nombre d'arbres urbains et d'accompagnement de voirie** varie selon la taille des collectivités et la présence de grands espaces verts en périphérie des villes. La reconnaissance croissante de l'importance des arbres entraîne des plans de plantation de plus en plus ambitieux. Sur tout le territoire métropolitain, les communes s'engagent à planter sur l'espace public comme privé. Si les objectifs quantitatifs sont courants (nombre d'arbres plantés), on s'efforce désormais d'appliquer une approche qualitative traduisant les objectifs de plantations en **indice de canopée** (% du territoire sous couvert arboré) pour planter moins, mais mieux. Dans cette « course à l'arbrement », planter le bon arbre au bon endroit et au bon moment est capital pour qu'il atteigne son plein potentiel. Il est tout aussi vital de préserver le patrimoine arboré existant, puisqu'un jeune arbre met des dizaines d'années à égaler en fonctions un arbre adulte, et seulement si son environnement de croissance lui est propice.



Des politiques de plantation ambitieuses à Bordeaux et Montpellier

Plantons 1 million d'arbres à Bordeaux métropole.

Lancé en 2021, ce programme a pour objectif de planter 1 million d'arbres sur la métropole de Bordeaux et ses communes, d'ici 2030. Grâce à la cartographie du patrimoine arboré disponible en open data, il est possible d'en consulter l'inventaire et l'évolution des plantations par secteurs. Mi-2024, elles s'élevaient à près de 505 000 arbres, dont plus de 50 000 dans la ville-centre, grâce aux efforts conjugués de différents acteurs locaux.

50 000 arbres pour une ville plus nature à Montpellier.

Entre 2020 et 2026, la ville de Montpellier s'est engagée à planter 50 000 arbres. Plus de 15 000 ont été plantés depuis 2020, dont la création d'une forêt urbaine (2 878 arbres plantés au Parc Malbosc). La métropole met à disposition la cartographie des plantations en open data afin de permettre le suivi quantitatif et qualitatif de l'opération.

La compétition arbres-réseaux à l'échelle locale

En compétition pour l'espace souterrain, arbres et réseaux peuvent se causer des dégâts mutuels à court, moyen et long terme si la cohabitation n'a pas été pensée en amont (cf. 3.1 p. 54). Il n'existe pas de statistiques sur la fréquence des dégâts occasionnés aux réseaux, les interventions pour résolution de points noirs n'étant pas consignées (ex. : réfection à la suite d'une dégradation, curage à la suite d'une invasion racinaire, etc.). Certains gestionnaires d'arbres savent cependant identifier et suivre les situations à risques. Ainsi, une enquête menée auprès des services et concessionnaires de Rennes Métropole nous renseigne sur la quantification des enjeux, grâce à l'examen des effectifs d'arbres, des linéaires de réseaux, et les observations rapportées par les gestionnaires (cf. infographie page 12).



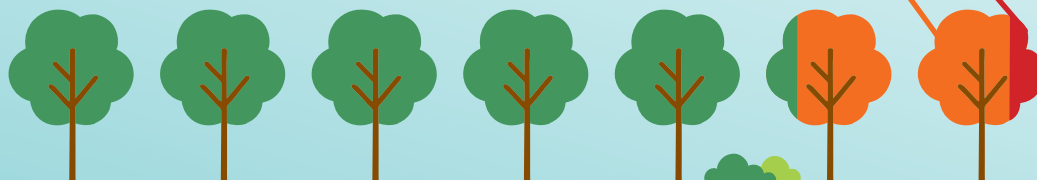
Plantation dans le cadre d'une journée technique à Angers, en 2008. / L. Provost

ARBRES ET RÉSEAUX ENTERRÉS EN CONTEXTE DE VOIRIE : quantités et vulnérabilités, à Rennes Métropole

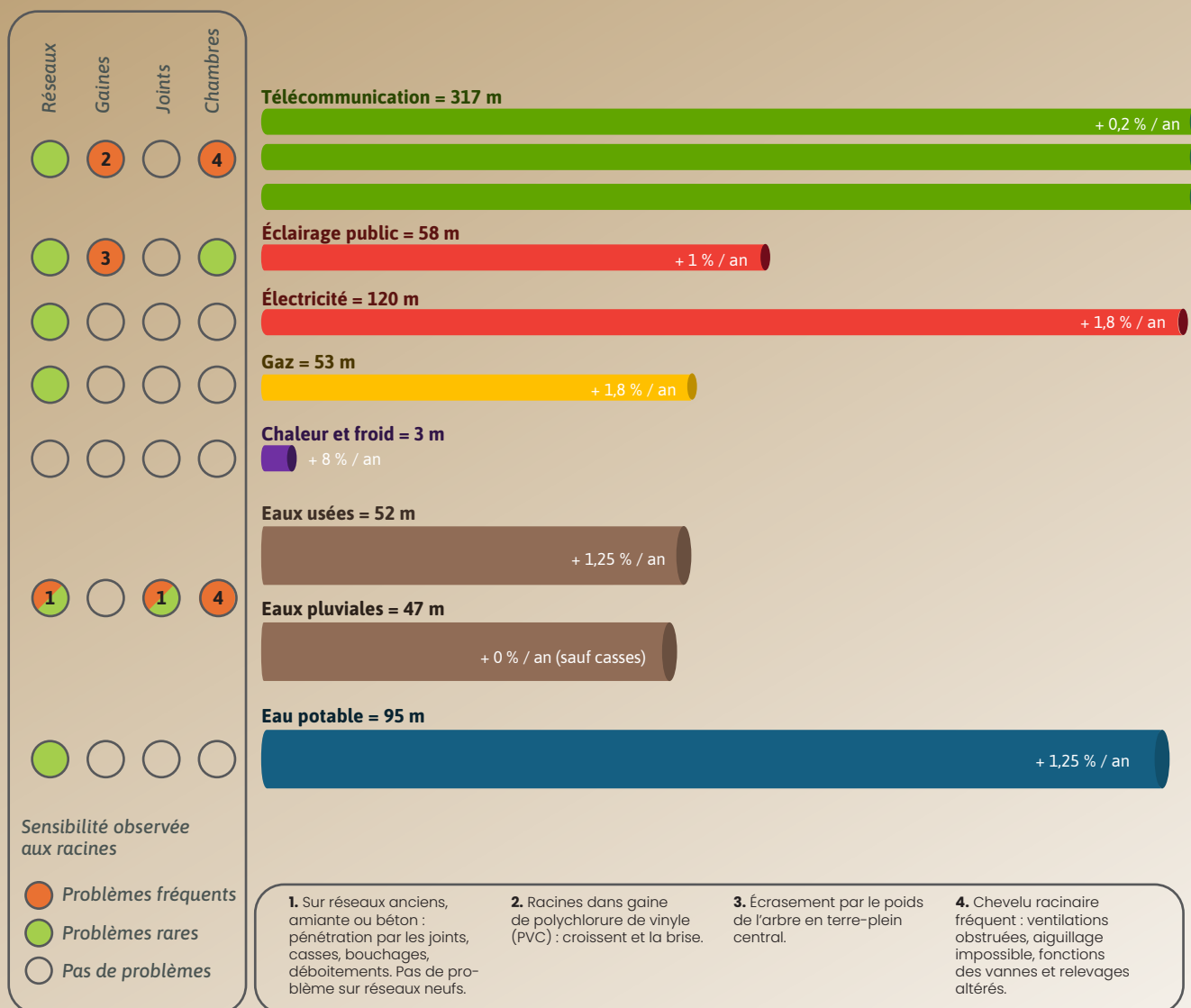
7 arbres d'alignement
+ 23 % / an (ville centre)

5 % des arbres
d'alignement sont concernés
par une ouverture de tranchée
chaque année

Soit 25 %
tous les 5 ans



Voirie publique = 100 m



Nombre d'arbres d'alignement et linéaire de différents types de réseaux enterrés, pour 100 m de voirie publique (étude de cas : moyennes pour le territoire de Rennes Métropole). La dynamique annuelle est indiquée hors renouvellements (+ X % / an) et correspond à des plantations d'arbres ou à la pose de nouveaux réseaux. La vulnérabilité de chaque type de patrimoine – arbres et réseaux – est précisée (sources : données et diagnostic interne, Rennes Métropole ; données publiques et entretiens auprès des gestionnaires des réseaux concernés). / Plante & Cité

Anticiper pour mieux concevoir et mettre en œuvre

Les informations de contexte disponibles font ressortir deux idées principales, qui sont à l'origine des sujets développés dans cet ouvrage :

- **Les arbres d'alignement sont particulièrement vulnérables en phase travaux.** À l'échelle de la ville de Rennes, ce sont chaque année 5 % d'entre eux qui sont concernés par des terrassements, soit potentiellement $\frac{1}{4}$ des arbres tous les 5 ans. Cette opération est responsable de dégâts fréquents et irréversibles pour les arbres et leur environnement immédiat.

- La susceptibilité des réseaux aux désordres racinaires est souvent pointée du doigt lorsque le sujet de la cohabitation arbres-réseaux émerge. Cependant, les retours d'expérience disponibles font état de dégâts certes marquants mais ponctuels. **L'enjeu porte aujourd'hui principalement sur le tracé des réseaux.** Souvent contrariés par leur omniprésence dans les sols, les projets de plantations entraînent en effet de fréquentes demandes de dévoiement et d'adaptations locales de la norme de distanciation.

Ces difficultés alourdissent tant les coûts des opérations d'aménagement que le quotidien des gestionnaires d'arbres et de réseaux (gestion patrimoniale, suivi de chantiers). Au bout du compte, les surcoûts générés font l'objet de négociations parfois difficiles qui ralentissent les projets, et ils finissent par se répercuter sur les abonnés ou les contribuables.

Alors que l'heure est à l'intensification des volumes urbains, la cohabitation entre arbres et réseaux doit être adressée frontalement. Les leviers d'action résident principalement dans la **capacité d'anticipation** des acteurs concernés, et les **possibilités d'adaptation des pratiques** au cas par cas. C'est dans ce contexte que s'inscrit cet ouvrage.



Pour aller plus loin

→ Mollie C., 2020. **Des arbres dans la ville. L'urbanisme végétal.** Actes Sud, 256 p.

→ Castagneyrol B., Muller S., Alain P. (coordinateurs scientifiques), 2024. **De l'arbre en ville à la forêt urbaine.** Éditions Quae, 188 p. www.quae.com/produit/1861/9782759238804/de-l-arbre-en-ville-a-la-foret-urbaine

→ Florentin D., 2019. **Vers la ville sobre des réseaux ? L'urbanisme des réseaux face aux transitions.** *L'Information géographique*, vol. 83, n° 2, p. 58-71. <https://doi.org/10.3917/lig.902.0058>

1.2 LES ACTEURS, leurs rôles et responsabilités

Cette partie fait le point sur les acteurs concernés par la cohabitation arbres-réseaux. Leurs rôles et leurs responsabilités sont décrits, ainsi que leurs relations, à l'interface entre la voirie, les réseaux divers, le végétal et l'aménagement.

Une diversité d'acteurs avec des rôles et des responsabilités propres

L'enquête RESEAUX (Plante & Cité, 2022) a permis d'identifier une diversité d'acteurs concernés par la cohabitation entre arbres et réseaux enterrés, classés en trois profils métiers : Arbres, Réseaux et Mixte, décrits dans le tableau ci-contre.

Profil métier	Acteur	Fonction
Arbres	Propriétaire – gestionnaire d'arbres publics (maîtrise d'ouvrage [MOA]/ maîtrise d'œuvre [MOE] publique)	Les collectivités locales sont propriétaires des arbres situés sur le domaine public. Leurs services sont chargés de l'entretien des arbres, de leur gestion patrimoniale et de la mise en œuvre de la stratégie locale de végétalisation. Dans les faits, la gestion peut être déléguée à différentes échelles administratives (cf. zoom ci-après).
	Expert arboricole (MOE privée, assistance à maîtrise d'ouvrage [AMO])	Les experts en arboriculture ornementale réalisent des diagnostics sanitaires, mécaniques et ontogéniques des arbres existants. Ils peuvent intervenir à différents moments : en phase avant-projet, en préparation des travaux, en suivi post-travaux, et plus globalement tout au long de la vie de l'arbre.
	Paysagiste-concepteur (MOA/MOE privée) BE paysage interne à la collectivité	Le paysagiste-concepteur pilote les projets de végétalisation et pense la plantation du bon arbre au bon endroit et au bon moment : choix de l'essence, localisation des plantations et ouvrages, suivi de la mise en œuvre. Son rôle est transversal entre les acteurs des collectivités et des travaux, tout au long de la vie du projet.
	Entreprises de travaux paysagers (MOE privée)	Les entreprises de travaux paysagers interviennent pour l'entretien des arbres, à des fins sanitaires, sécuritaires et esthétiques : taille, élagage et abattage-essouchage. Elles réalisent aussi des travaux d'aménagement paysager.
Réseaux	Propriétaire – concessionnaire – exploitant de réseaux (MOA/MOE privée)	Les propriétaires et les exploitants de réseaux sont responsables de la fourniture de services techniques et de la sécurité des biens et des personnes. Les propriétaires de réseaux ne sont pas toujours ceux qui les exploitent (cf. zoom ci-après).
	Entreprises de travaux de VRD (MOE privée)	Les entreprises VRD sont titulaires des marchés publics pour l'exécution des travaux. Elles sont sous la responsabilité du chef de projet (MOA ou MOE).
	Entreprises de détection de réseaux enterrés	Les entreprises de détection sont des prestataires engagés par le chef de projet (MOA) et interviennent en amont de la conception pour le diagnostic préliminaire de l'existant. Elles modélisent le tracé des réseaux existants en planimétrie et altimétrie, information décisive pour orienter le projet sur l'emprise de sol ciblée (conception, mise en œuvre).
Mixte	Collectivités territoriales (MOA/MOE publique)	Les collectivités territoriales sont au cœur de la gestion des réseaux et des arbres puisqu'elles sont propriétaires de certains d'entre eux. Elles ont pour rôle central de veiller à la sécurité et à la continuité de l'offre de services, techniques comme paysagers. Selon leur taille, elles peuvent confier leurs compétences à des services dédiés : espaces verts et patrimoine arboré, voirie, urbanisme, régie de réseaux (eaux, éclairage, signalisation, etc.) ou à un autre échelon territorial (cf. zoom ci-après).
	BE et bureau d'ingénierie (MOA/MOE privée)	Le BE ou bureau d'ingénierie peut disposer de compétences mixtes en paysage et/ou VRD. Il intervient de la conception à la réalisation des projets d'aménagement.
	Géomètre-expert (MOE privée, AMO, topographie, foncier)	Il réalise les plans topographiques et de récolement (voirie, réseaux, etc.), fixe les limites des biens fonciers et pilote la détection des réseaux. Rattaché à l'Ordre des Géomètres-Experts français, son métier est défini par l'article 1 ^{er} de la loi n° 46-942 du 7 mai 1946. Il peut être interne ou externe à la collectivité.
	Expert sols (agro-pédologue) (MOE privée, AMO)	Le pédologue est le spécialiste des sols. Il intervient avant et pendant tout projet d'aménagement impliquant des plantations ou des travaux VRD, afin d'évaluer la nature des sols existants et de proposer des mesures de protection ou un plan de gestion des sols dans l'emprise du projet.

Types d'acteurs concernés par la cohabitation arbres-réseaux enterrés. / Plante & Cité

Zoom sur les réseaux : qui les détient et qui les exploite ?

Les organismes propriétaires de réseaux peuvent en être également gestionnaires, ou déléguer cette responsabilité à d'autres entités (selon les modalités prévues aux articles L. 1411-1 et suivants et articles L. 2224-11-3 et suivants du Code général des collectivités territoriales [CGCT]). On distingue les cas suivants :

- La **gestion directe, en régie** : les réseaux sont construits et exploités par la collectivité, via ses propres agents et services, en coordination avec l'élu compétent et une possible MOA pour l'exécution du service (conventionnée par marché public).

- La **gestion indirecte, en concession, affermage ou régie intéressée** : l'exploitation est alors confiée à un organisme tiers grâce à une convention de délégation de service public (DSP) :

- Le cas le plus fréquent est la **concession de service public à caractère industriel et commercial (SPIC)**. La collectivité délègue la construction et l'exploitation des réseaux à un concessionnaire pour une durée déterminée par un contrat (en dizaines d'années). Le concessionnaire est chargé de la maintenance et de la sécurité du réseau : il en supporte les frais, mais bénéficie aussi des recettes générées.

- Les réseaux gérés en **affermage** sont construits (ou faits construire) à la charge de la collectivité, puis leur exploitation est déléguée à un tiers (dit fermier). La durée

d'exploitation et le montant de la redevance versée à la collectivité sont déterminés par contrat (généralement plus court qu'en concession).

- La collectivité reste en charge des réseaux gérés en **régie intéressée**, mais conventionne avec un professionnel pour les exploiter, par DSP ou par marché public. Le régisseur est alors rémunéré par un versement fixe, complété d'un pourcentage « d'intéressement » sur les résultats d'exploitation (article R2222-5 du CGCT).

Le choix du mode de gestion des réseaux dépend de **l'administration des collectivités territoriales**, selon les moyens techniques et budgétaires dont elles disposent à l'échelle communale, intercommunale ou départementale. Généralement, les **métropoles** délèguent la gestion de leurs réseaux de gaz, d'électricité et certaines télécommunications (téléphonie et fibre optique) à des concessionnaires, tandis que les réseaux d'eau potable et d'assainissement, d'arrosage, de chaleur et de froid, de signalisation routière et d'éclairage public sont gérés en régie. Certains **départements** sont aussi propriétaires de réseaux et peuvent en confier l'exploitation à un concessionnaire.

Zoom sur les arbres : qui les détient et qui les gère ?

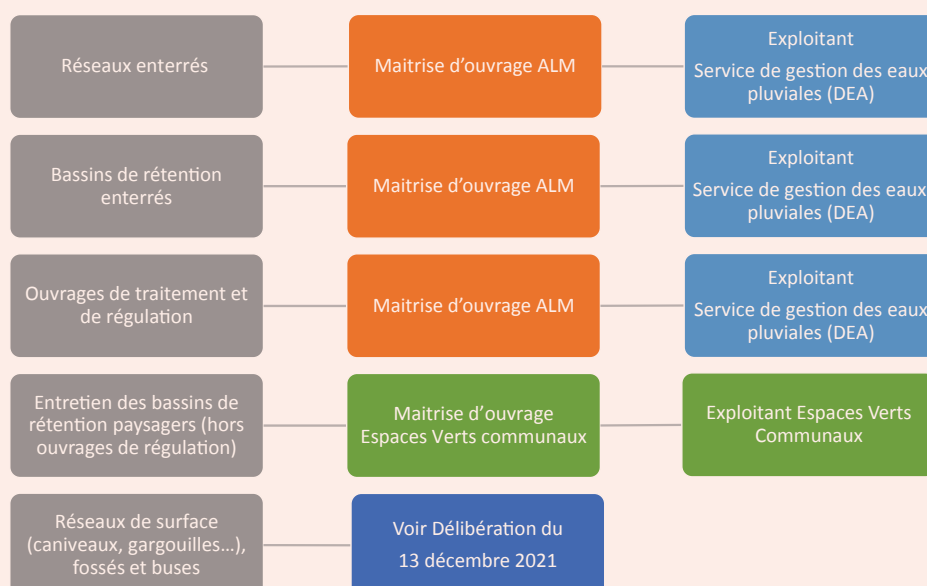
Les arbres situés sur l'espace public (hors voirie) sont la **propriété de la commune** sur laquelle ils se trouvent, quelle que soit leur implantation paysagère (parc, isolés, mail, alignement, bosquet, etc.). Les arbres d'accompagnement de voiries publiques sont **rattachés à la propriété de la voirie**



L'exploitation du réseau d'assainissement d'eaux pluviales à Angers Loire Métropole

Sur la métropole d'Angers, le réseau unitaire d'eaux pluviales (EP) et les ouvrages associés (bassins de rétention enterrés, ouvrages de traitement et de régulation) sont gérés en régie par le service « Eaux Pluviales » de la Direction Eau et Assainissement. Le service « Espaces

Verts » intervient sur les bassins de rétention paysagers. L'entretien des canalisations (hydrocurage périodique) est réalisé en régie sur la ville d'Angers et est externalisé sur le reste du territoire d'Angers Loire Métropole (ALM).



Distribution des responsabilités d'exploitation du patrimoine d'EP d'ALM selon la nature du patrimoine. / Direction Eau et Assainissement ALM

(notion de dépendances vertes, ex. : les arbres bordant des départementales appartiennent au conseil départemental, idem pour les routes nationales et les Directions interdépartementales des routes [DIR]). Dans les faits, la gestion des arbres publics peut mobiliser plusieurs échelons territoriaux, l'éventail des cas de figure étant très varié. Des situations type se dégagent.

La gestion directe est généralement l'apanage de la ville-centre (agglomération, métropole). Les services de la collectivité établissent alors la stratégie patrimoniale. Les campagnes d'inventaire font l'objet de missions ponctuelles, internalisées ou non. Le suivi courant est généralement piloté en interne (analyse visuelle) avec l'appui d'un BE spécialisé (diagnostics sanitaires et mécaniques). Les opérations d'entretien courant sont le plus souvent externalisées (entreprise d'élagage, appui éventuel d'un BE en arboriculture), même si quelques villes disposent d'équipes d'élagueurs ou de bûcherons en interne.

La gestion déléguée est très courante et variée. Une commune membre d'un établissement public de coopération intercommunale (EPCI) peut conserver la gestion des pieds d'arbres alors que l'entretien des arbres est réalisé par l'EPCI lui-même. Ou encore, la commune peut gérer les arbres de parc, et l'EPCI les arbres de voirie. Le conseil départemental peut également déléguer l'entretien de ses arbres de voirie à la commune sur laquelle ils se trouvent. De même, la gestion patrimoniale peut être soit centralisée (EPCI), soit déléguée aux communes directement.

Arbres et réseaux : des responsabilités et des contraintes similaires

La gestion des arbres et celle des réseaux ont de nombreux points communs. Elles recouvrent deux dimensions, à travers lesquelles s'exercent des jeux de contraintes similaires (voir tableau) : l'entretien courant et la gestion patrimoniale.

NATURE DES CONTRAINTES Objectifs	Réponses aux contraintes	
	Arbres	Réseaux enterrés
CONTRAINTES FONCTIONNELLES		
Concevoir des aménagements pérennes et sûrs pour des arbres prospères et des réseaux fonctionnels	Offrir les meilleures conditions d'implantation et de développement aux jeunes plantations.	Protéger les réseaux dans les sols : corrosion, perforations, mouvements de terrain, racines, etc.
Garantir le bon fonctionnement des ouvrages, la sécurité des biens et des personnes, la continuité des services	<ul style="list-style-type: none">• connaître, surveiller et entretenir les arbres et les réseaux ;• réagir en cas de besoin : programmer et réaliser les interventions urgentes ;• protéger et informer les usagers : mise en défens, signalétique et prévention.	
Prévenir les conflits d'usages potentiels : accompagner les tiers dans leurs interactions avec les arbres / les réseaux	<ul style="list-style-type: none">• centraliser et partager l'information disponible pour permettre une gestion patrimoniale concertée : caractéristiques et état du patrimoine, programmation d'interventions ;• édicter et diffuser des prescriptions techniques ;• suivre les chantiers : réunions et points d'arrêts.	
	<ul style="list-style-type: none">• localiser les arbres (voire l'emprise supposée des racines) via un inventaire de patrimoine arboré ;• protéger les arbres existants, sensibiliser, communiquer auprès des habitants et instruire les permis de construire ;• identifier les chantiers impliquant des arbres.	Appliquer la réforme anti-endommagement (cf. 3.2 p. 64) : <ul style="list-style-type: none">• localiser les réseaux ;• communiquer les modes opératoires aux requérants via la procédure de déclaration de projet de travaux et de déclaration d'intention de commencement de travaux (DT-DICT).
CONTRAINTES ÉCONOMIQUES		
Respect des budgets préétablis (investissement, fonctionnement) dans un contexte économique tendu	<ul style="list-style-type: none">• absorber une activité croissante malgré des budgets en contraction, notamment les budgets de fonctionnement des collectivités ;• assurer le développement et l'entretien dans un contexte de raréfaction des matières premières ;• tenir compte du coût carbone des chantiers.	
CONTRAINTES RÉGLEMENTAIRES		
Respect et application du cadre réglementaire national et local	Appliquer les lois, décrets et normes* en vigueur sur le plan national. Appliquer les règlements, protocoles et arrêtés locaux en matière de voirie, d'urbanisme et d'environnement (cf. 3.2 p. 64).	
CONTRAINTES POLITIQUES		
Application des engagements nationaux et locaux, traduits par la planification	Répondre aux volontés d'intensifier les espaces urbanisés (augmentation des plantations d'arbres et augmentation de la densité logements raccordés/desservis) et de soutenir des changements d'usages (notamment en lien avec les stratégies d'atténuation et d'adaptation au changement climatique) : <ul style="list-style-type: none">• au niveau national : Zéro artificialisation nette, Plan nature en ville, Loi d'accélération des énergies renouvelables, Plan France Très Haut Débit, Plan Eau (lutte contre les fuites), etc. ;• au niveau local : Plan canopée / nature ou assimilé, engagements à planter X 000 arbres, Plan Climat, politique de désimperméabilisation, etc.	

L'entretien courant a pour objet la surveillance et le soin du patrimoine existant, arbres ou réseaux, ainsi que la réaction aux aléas (intempéries, incidents). Les interventions peuvent être programmées ou non, parfois nécessaires en urgence. Pour les arbres, il s'agit d'opérations de taille, de diagnostics mécaniques et phytosanitaires, de plantations, d'abattages et d'essouchages. Pour les réseaux, il s'agit, selon le type d'infrastructure, de recherche de fuites, de curages, de lavages, de mises en sécurité, etc. (cf. 2.3 p. 48). L'entretien courant est effectué en régie par le propriétaire-gestionnaire, ou délégué à un prestataire de services.

La gestion patrimoniale planifie et accompagne les évolutions du patrimoine, arbres ou réseaux. Elle établit notamment les objectifs de renouvellement/rénovation ou de déploiement (plantations et pose de nouveaux réseaux). Elle est établie par le propriétaire-gestionnaire d'arbres ou de réseaux et mise en œuvre en régie ou via des prestataires (entreprises chargées de travaux, entreprises de paysage).

Sécurité et budgets : qui est responsable ?

La localisation des réseaux

L'exploitant met en œuvre des **mesures de localisation (ML)** afin de déterminer l'emplacement d'un ouvrage, en réponse à une DT. Lorsque la localisation des réseaux sensibles

est trop imprécise (classe de localisation insuffisante), il doit obligatoirement commander des **investigations complémentaires (IC)**. Si elles ne suffisent pas à atteindre la précision requise, le **responsable du projet (MOA)** peut décider de les compléter par des **opérations de localisation (OL)** au début des travaux et/ou d'intervenir avec des modes opératoires doux dans la zone d'incertitude. Il peut également commander des OL si, bien que la précision réglementaire soit atteinte (classe A), elle demeure insuffisante vis-à-vis des contraintes du projet. Cela peut par exemple être utile à la MOE en paysage, qui doit souvent planter au centimètre près en milieu urbain dense, ou encore pour aider à arbitrer une situation complexe lors d'un point d'arrêt en phase travaux.

Le **responsable de projet** est chargé de la sécurité des travaux. Il doit s'assurer de la précision des informations de localisation des réseaux fournies par l'exploitant, de l'habilitation des exécutants et du respect des règles de sécurité lors des chantiers.

Si un dommage est occasionné par l'exécutant sur un réseau dont la classe de localisation est incorrecte (ex. : réseau découvert en classe B ou C alors qu'il était renseigné en classe A), **l'exploitant** est tenu responsable car il aurait dû commander des IC.

Rôle des acteurs pour les IC, OL et ML	L'exploitant réalise les ML	L'exploitant commande les IC	L'exploitant fixe un rendez-vous	Le responsable de projet décide de faire des OL
Prise en charge financière	100 % l'exploitant	100 % l'exploitant	100 % l'exploitant	100 % le responsable de projet
Les modalités	<p>Pour répondre à la DT, l'exploitant dispose d'un délai de 9 à 15 jours, selon que la réponse est transmise par voie numérique ou papier. S'il met en œuvre des ML, il dispose de 15 jours supplémentaires. Les résultats doivent être transmis au responsable de projet avant les travaux.</p> <p>Les ML peuvent se limiter à l'emprise des travaux + 2 m, aux branchements non cartographiés, sans affleurants* visibles ni dispositif automatique de sécurité.</p>	<p>L'exploitant demande au responsable de projet de faire des IC à sa charge, au prorata du linéaire non en classe A.</p> <p>Ces IC doivent être confiées à un prestataire certifié, dans un marché spécifique ou dans le cadre d'un lot séparé du marché de travaux.</p>	<p>L'exploitant prévoit une réunion sur site pour apporter les informations relatives à la localisation de l'ouvrage.</p> <p>Il en profite pour soit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • effectuer sous sa responsabilité des ML de la partie de son ouvrage située dans l'emprise du projet ; • procéder au traçage au sol de son réseau, sous sa responsabilité et à ses frais ; • remettre des plans conformes. 	<p>Lorsque des OL sont effectuées en plus des IC, celles-ci sont à la charge du responsable de projet.</p> <p>Il doit fournir dans le dossier de consultation des entreprises (DCE) (ou à défaut, au titulaire du marché de travaux avant le démarrage) la liste des exploitants de réseaux communiqués par le guichet unique, la totalité des DT et leurs réponses, le résultat des IC et des OL éventuelles ainsi que toutes les informations qu'elles contiennent.</p>

Modalités de prise en charge des opérations d'IC, d'OL et des ML / D'après DICTservices.fr

La localisation et la prise en charge des réseaux abandonnés

Le **Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux** donne quelques éclairages quant à la prise en charge des réseaux dits abandonnés. **Un réseau d'apparence vétuste, non cartographié ou apparemment abandonné doit être systématiquement considéré comme étant en service** (Fascicule 2). En effet, il peut s'agir d'une canalisation tubée occupée par un réseau exploité. Il est recommandé au responsable de projet de prendre contact en amont des travaux avec l'exploitant concerné (Fascicule 1). Dès lors qu'il est confirmé qu'un réseau est effectivement abandonné, les IC ne sont pas obligatoires (R. 554-23 II).

Les réseaux en arrêt définitif d'exploitation (sans obligation de démantèlement) doivent être enregistrés par leurs derniers exploitants sur le guichet unique avec les plans géoréférencés et numérisés les plus précis possible (article R. 554-8 du Code de l'environnement). L'exploitant devra alors continuer à répondre aux DT-DICT en précisant les parties du réseau qui sont à l'arrêt.

Le décret n° 2024-1022 du 13 novembre 2024 apporte deux modifications à l'article R. 554-4 du Code de l'environnement, concernant les réseaux non identifiés : il est dorénavant possible d'intégrer au guichet unique les relevés topographiques des ouvrages non identifiés découverts à l'occasion de travaux, ainsi que d'engager les actions nécessaires s'il est avéré qu'un exploitant qui a enregistré des réseaux sur le guichet unique n'existe plus et n'a pas de successeur identifié susceptible de répondre aux déclarations.

Ainsi, **en cas de dommage sur ouvrage** dans le cadre de travaux, la responsabilité incombe à l'exécutant des travaux : l'exploitant ayant déclaré son réseau comme abandonné n'en est théoriquement plus responsable. En pratique, il est recommandé de **contrôler au préalable l'inactivité du réseau** (ex. : absence de gaz) **et son abandon effectif** (il arrive que des réseaux soient réutilisés comme fourreaux sans que l'exploitant en ait connaissance). L'exploitant peut délivrer **un avis de mise hors exploitation** de l'ouvrage pour permettre à ce dernier d'être déposé : il disparaîtra ensuite de sa cartographie.

Si l'ouvrage abandonné doit être **utilisé comme fourreau**, une convention tripartite peut être mise en place entre le concédant, l'exploitant et le demandeur du fourreau. Une fois la convention établie, l'ouvrage disparaît de la cartographie de l'exploitant initial.

Les surcoûts liés à la cohabitation des réseaux et des arbres

En situation de cohabitation arbres-réseaux, les surcoûts peuvent comprendre : la fourniture et la pose d'une protection de réseau, l'adaptation des modes opératoires (ex. : terrassements doux, technique sans tranchées, mise en défens de l'arbre, etc.), le dévoiement d'un réseau et l'abattage préventif. La prise en charge de ce surcoût fait généralement l'objet d'une **négociation au cas par cas**, comportant un risque de contentieux si la situation n'a pas été anticipée (cf. 3.2 p. 68). Des **protocoles locaux** négociés sur différents territoires s'attachent à répartir équitablement les surcoûts entre la collectivité et les exploitants de réseaux.

Les dédommagements ou réparations en cas de dégâts

La prise en charge de dommages réciproques arbres-réseaux enterrés peut également avoir été déterminée préalablement, par **convention** ou dans les **règlements** locaux. Dans le cas contraire, une procédure d'identification des dégâts peut être entamée afin de prouver la faute d'une partie, et peut aller jusqu'au contentieux en cas de désaccord. Par exemple, un barème de l'arbre, adopté par la collectivité ou inscrit au contrat de travaux, permet d'évaluer la valeur monétaire d'un arbre et de quantifier les dommages occasionnés.



Pour aller plus loin

→ Prevel A., Huneau I., 2019. **Une canopée pour la Métropole de Lyon ? Enseignements d'un benchmark international**. Lyon : Urbalyon, 99 p. [Bibliographie] www.urbalyon.org/fr/une-canopee-pour-la-metropole-de-lyon-enseignements-dun-benchmark-international

→ Collectif Trees and Design Group (TDAG), 2016. **Arbres en milieu urbain**. Guide de mise en œuvre. Trees and Design Action Group Trust, 160 p. [Guide & fiche opérationnels] www.tdag.org.uk/trees-in-hard-landscapes.html

→ **Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux. Fascicule 1 : dispositions générales (version 2)**. Observatoire national DT-DICT, ministère de la Transition écologique et solidaire, 2019, 76 p. <https://www.observatoire-national-dt-dict.fr/publications/fascicules/>

→ **Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux. Fascicule 2 : guide technique (version 3)**. Observatoire national DT-DICT, ministère de la Transition écologique et solidaire, 2024, 259 p. <https://www.observatoire-national-dt-dict.fr/publications/fascicules/>

Enjeux : les arbres, les racines et les réseaux dans l'espace urbain

- Les **aménités** procurées par les arbres, tout comme les **services techniques** assurés par les réseaux enterrés, sont **indispensables à la qualité de vie** des habitants.
- Les **politiques volontaristes de végétalisation** amènent à planter un grand nombre d'arbres dans des volumes sans cesse plus contraints. L'**avant-projet** (conception de l'aménagement) et les **travaux de voirie** sont des **phases critiques** dans la vie de l'arbre urbain.
- L'urbanisme des réseaux est aujourd'hui centré sur **la maintenance, le renouvellement et la gestion de l'existant**. Les enjeux de cohabitation portent surtout sur des demandes de dévoiements de plus en plus fréquentes, amenant à questionner le **tracé** des réseaux et l'occupation du sous-sol par les différents ouvrages.
- À l'échelle des projets urbains, les exigences se tournent vers une **meilleure coordination entre le monde de l'aménagement et celui des réseaux**. Les capacités d'anticipation, d'adaptation de la conception et de la mise en œuvre sont déterminantes pour l'instauration d'une cohabitation pérenne entre arbres et réseaux.

Les acteurs, leurs rôles et responsabilités

- De **nombreux acteurs publics et privés** sont concernés par la cohabitation entre arbres et réseaux enterrés. Côté arbres, ils sont propriétaires et gestionnaires d'arbres publics, experts arboricoles, paysagistes-concepteurs, entreprises de travaux paysagers. Côté réseaux, ils sont exploitants de réseaux, entreprises de travaux VRD ou de détection de réseaux enterrés. **Certains organismes rassemblent les deux compétences** ou expertises : les collectivités territoriales, certains bureaux d'études et d'ingénierie, les géomètres-experts et les géo-pédologues (spécialistes des sols urbains).
- La gestion des arbres urbains et celle des réseaux enterrés ont de **nombreux points communs** :
 - Elles peuvent être **effectuées directement par leur propriétaire, ou être déléguées**.
 - Elles recouvrent l'entretien courant (surveiller et soigner le patrimoine existant) et la **gestion patrimoniale** (planifier et accompagner les évolutions du patrimoine).
 - Elles rencontrent les **mêmes jeux de contraintes** : fonctionnelles, économiques, réglementaires et politiques.
- En situation de cohabitation, la répartition des responsabilités n'est que partiellement réglée par la réglementation :
 - Le corpus de textes lié à la **réforme anti-endommagement des réseaux** distribue clairement les rôles liés à la cartographie des réseaux enterrés, outil majeur de la gestion des risques durant les travaux.
 - En contexte de **cohabitation**, la question des surcoûts et des éventuels dommages aux arbres n'est **pas adressée par la réglementation nationale**. Pour éviter les contentieux et fluidifier les relations, certaines collectivités et certains concessionnaires négocient des **protocoles locaux** fléchant les responsabilités selon différents scénarios.

A large, ancient oak tree with sprawling roots in a forest during autumn. The tree's trunk is thick and textured, with roots spreading out across the ground covered in fallen leaves. The background shows other trees with some autumn-colored foliage under a clear sky.

CHAPITRE 2

Notions clés

2.1 LES SOLS URBAINS, sièges des relations sols-plantes et sols-réseaux

Connaître les sols en place est fondamental à tout projet de gestion ou d'aménagement d'une emprise de sol, afin de garantir les fonctions attendues. Cette partie présente quelques bases sur les sols urbains et leurs rôles en tant que support des réseaux enterrés et des plantations.

Les sols urbains : définition et spécificités

L'hétérogénéité des sols urbains

On qualifie de sol urbain la couverture pédologique des aires urbaines. Ce sont fréquemment des sols anthropisés*, c'est-à-dire que leurs propriétés sont fortement influencées par l'activité humaine, mais ils peuvent aussi être des sols (pseudo)-naturels, très peu modifiés par l'Homme. La proportion de sols anthropisés et naturels parmi les sols urbains peut varier significativement d'une aire urbaine à l'autre. Il existe de nombreux types de sols différents, chacun résultant de la nature des matériaux parents, du climat et de l'action des organismes vivants. Cela se traduit au sein des profils* de sol par une subdivision d'horizons* aux propriétés spécifiques : teneurs minérales et organiques, structure* et dynamique d'évolution.

Les sols urbains sont des **milieux complexes et hétérogènes**, en raison des différents usages qu'ils accueillent au fil de leur histoire : support de bâtis et de voies de circulation, infiltration des EP, enfouissement de réseaux et ouvrages, support de plantations et d'aménités paysagères, support de vie pour les organismes du sol, etc. Nombre d'entre eux se distinguent par un empilement de divers substrats, matériaux et volumes de sols dont la nature et la structure sont souvent inconnues (vestiges archéologiques, réseaux plus ou moins anciens, caves débordant sous la chaussée, etc.).

Ainsi, en milieu urbanisé, la nature du sol peut varier brutalement en planimétrie (x, y) comme en altimétrie (z), rendant nécessaire des investigations poussées pour



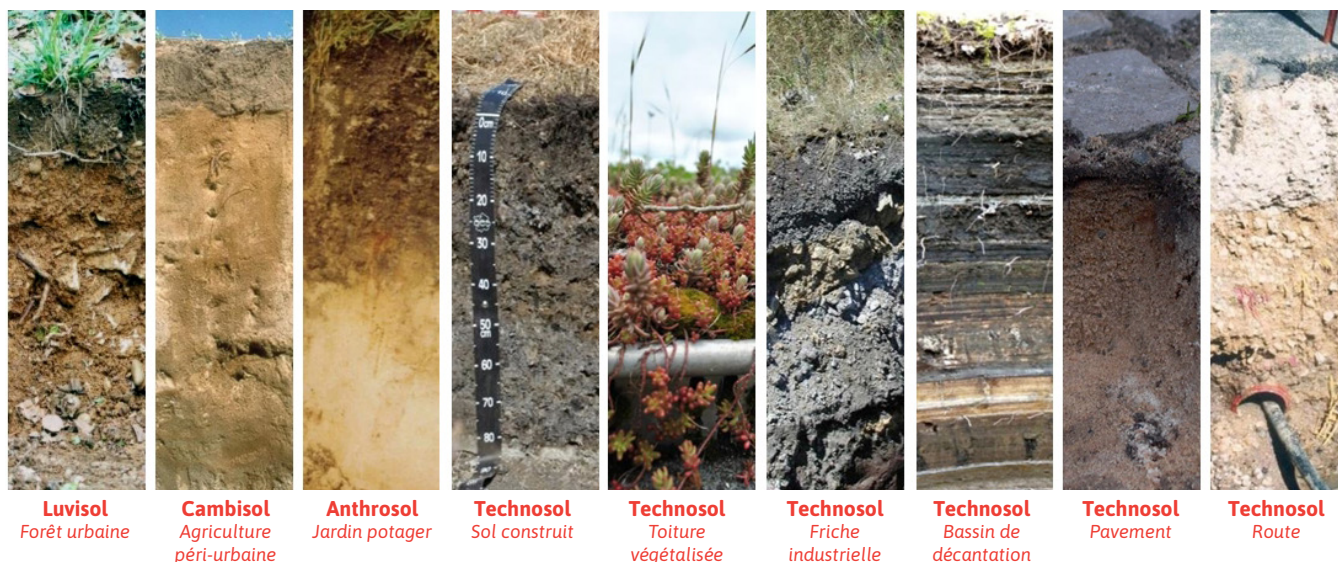
Fosse pédologique ouverte dans un sol urbain dense en réseaux enterrés (électricité, télécoms et eaux). Les différents horizons pédologiques témoignent des forts remaniements du site (2023). / R. Dagois

déterminer si les fonctions effectives des sols correspondent aux usages attendus. C'est aussi là l'origine des difficultés éprouvées pour la localisation des racines des arbres urbains, puisqu'il est difficile d'apprécier où se trouvent les volumes de sols propices aux racines, voire leur existence même. Cette grande hétérogénéité horizontale et verticale des sols urbains affecte particulièrement le développement des racines d'arbres, comme le montre l'exemple page suivante.

Les spécificités physiques, chimiques et biologiques des sols urbains

Dans les parcs et certains massifs, on peut retrouver des sols semblables aux sols naturels, agricoles ou forestiers, dont les caractéristiques physico-chimiques sont variables, mais peuvent montrer une biodiversité riche et fonctionnelle (micro, méso et macro-organismes). Dès lors que les interventions humaines sont intenses et répétées, les caractéristiques des anthroposols* s'éloignent de celles des milieux non perturbés et présentent des spécificités qui sont exposées ci-après.

Sur le plan **physique**, les sols urbains soumis à des exigences mécaniques sont compacts, très denses et peu poreux, avec des matériaux généralement de forte granulométrie pour assurer la portance. Leur remaniement fréquent à des



Diversité des sols rencontrés en milieu urbain, organisés selon un gradient d'anthropisation. / L. Florentin, H. Huot, J.L. Morel, T. Nehls, C. Schwartz, G. Séré



Un alignement d'arbres à travers des sols très contrastés à Nantes, place Gloriette – Petite Hollande

Cette place du centre-ville de Nantes est bordée d'un alignement de micocouliers, plantés en 1962 dans un environnement très minéral. Ces arbres sont situés entre une voirie lourde (circulation automobile) et une voirie légère (trottoir, piste cyclable). 14 d'entre eux ont fait l'objet d'une opération de débitumisation dans les années 2000, au cours de laquelle les 40 premiers cm ont été remplacés par de la terre végétale.

En 2023, cet alignement est concerné par un projet d'implantation d'une voirie lourde. Dans ce cadre, des excavations précautionneuses à l'excavatrice-aspiratrice ont été menées pour évaluer l'état et la localisation des racines. Le projet de voirie ne se fera finalement pas, notamment en raison des impacts projetés pour les arbres, démontrés dans le cadre de ces investigations préliminaires.



En contexte de voirie, le sol présente une stratification complexe à base de matériaux bitumineux, de grave et blocs, de pavés, d'argile et de matériaux calciques, témoignant des forts remaniements du site au fil de son histoire architecturale et hydromorphique. Très compact, il a été très peu colonisé par les racines. On y trouve seulement de très fins entrelacs de radicelles.

En contexte d'espace vert, le sol est peu remanié, plus riche et profond, avec un horizon épais et homogène de terre végétale argileuse, à fraction de sable et de limon en surface. Les arbres ont colonisé efficacement la couche de terre rapportée *a posteriori* : on y trouve des racines d'au moins 4 cm de diamètre.

Les graves observées en sous-couche pourraient être des couches localisées de protection de réseaux EP et télécom. Elles ne seraient donc pas présentes partout dans l'environnement de ces arbres.



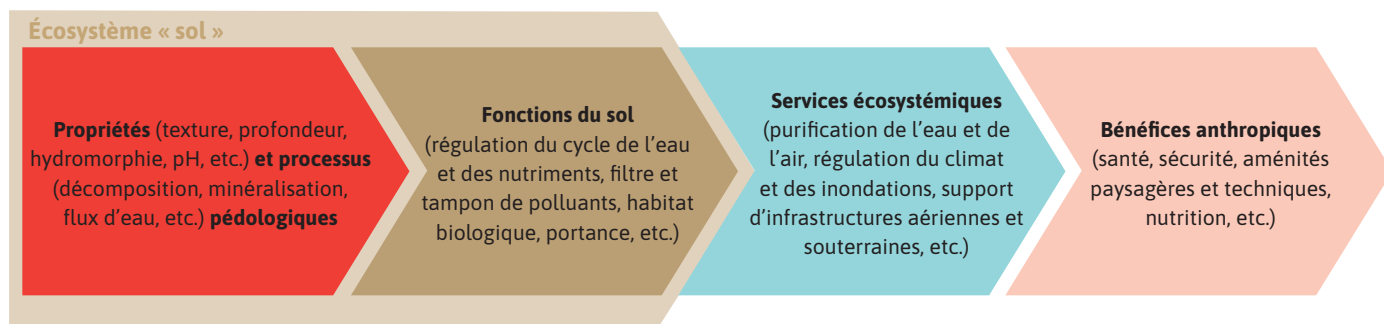
Deux micocouliers appartenant au même alignement croissent dans des conditions pédologiques très différentes. À gauche : stratification complexe en contexte de voirie ; à droite : sol pseudo-naturel en contexte d'espace vert. / Aubépine

fins de génie civil, le tassement lié aux stockages et aux circulations, l'imperméabilisation ou l'accumulation d'eau dans des volumes restreints (hydromorphie*) sont autant de dégradations potentielles liées aux activités urbaines. À l'inverse, les sols supports de plantations se doivent d'être poreux avec une granulométrie équilibrée. Un sol très perméable est facilement prospectable par les racines, mais il est moins stable pour l'ancrage des grands arbres et a tendance à trop drainer l'eau. L'idéal recherché est un compromis entre un drainage suffisant des EP, pour éviter l'asphyxie racinaire, et un stockage de l'eau dans les pores du sol pour permettre la vie végétale. Connaître les caractéristiques physiques des sols (texture* et structure) permet de mieux les adapter aux usages urbains, et inversement.

Sur le plan **chimique**, les anthroposols sont généralement basiques (potentiel hydrogène [pH] > 7) et pauvres en éléments minéraux majeurs (NPK : azote, phosphore et potassium) du fait de leur faible teneur en argiles et en matières organiques. En revanche, ils sont souvent contaminés et parfois pollués de molécules organiques (hydrocarbures), inorganiques

(cadmium, nickel, plomb et zinc), de gaz d'échappement (monoxyde de carbone, monoxyde et dioxyde de carbone), de sels de déneigement (chlorure de sodium, de calcium et de magnésium) ou encore de déjections canines (excès d'azote et de phosphore). Ces composés se retrouvent dans les eaux de ruissellement et s'infiltrent dans les sols, ce qui peut altérer leurs propriétés physico-chimiques et notamment impacter la physiologie des végétaux.

Sur le plan **biologique**, les anthroposols présentent des caractéristiques très hétérogènes quant à leur teneur en micro-organismes et en matières organiques. Les usages urbains peuvent dégrader localement la qualité biologique des sols, par infiltration de contaminants néfastes à la microfaune, par excès de sodium (salage), par eutrophisation* via l'excès de déchets organiques et d'eaux usées (EU), etc. En outre, la gestion intensive des espaces verts (tonte rase, sols nus, monoculture et ramassage des feuilles mortes) freine la formation de litière (humus) et le renouvellement de la matière organique.



Contributions des fonctions du sol aux services écosystémiques. / D'après Calvaruso et al., 2021. Quels paramètres du sol mesurer pour évaluer les fonctions et les services écosystémiques associés ? Revue de la littérature et sélection de paramètres en ateliers participatifs. Étude et Gestion des Sols, 28, 3-39

Les fonctions attendues des sols urbains vis-à-vis des plantations et des réseaux

Un sol (même urbain) en bon état physico-chimique et biologique constitue un milieu fonctionnel, siège de nombreux processus pédologiques. Les fonctions des sols déterminent la nature et le degré de services écosystémiques apportés : filtration des polluants et épuration, contrôle des inondations, contribution à la lutte contre les ICU, réserve de biodiversité (micro- et mésofaune, on parle de trame brune), etc. Ces services sont essentiels en milieu urbain, là où les usages des sols sont intensifs : supports d'infrastructures aériennes (bâti, voies de circulation multimodales, réseaux techniques, plantations, etc.) et souterraines (réseaux techniques et transports en commun), lieux d'aménités (parcs, terrains de jeux, etc.), sources de patrimoine culturel et historique, etc.

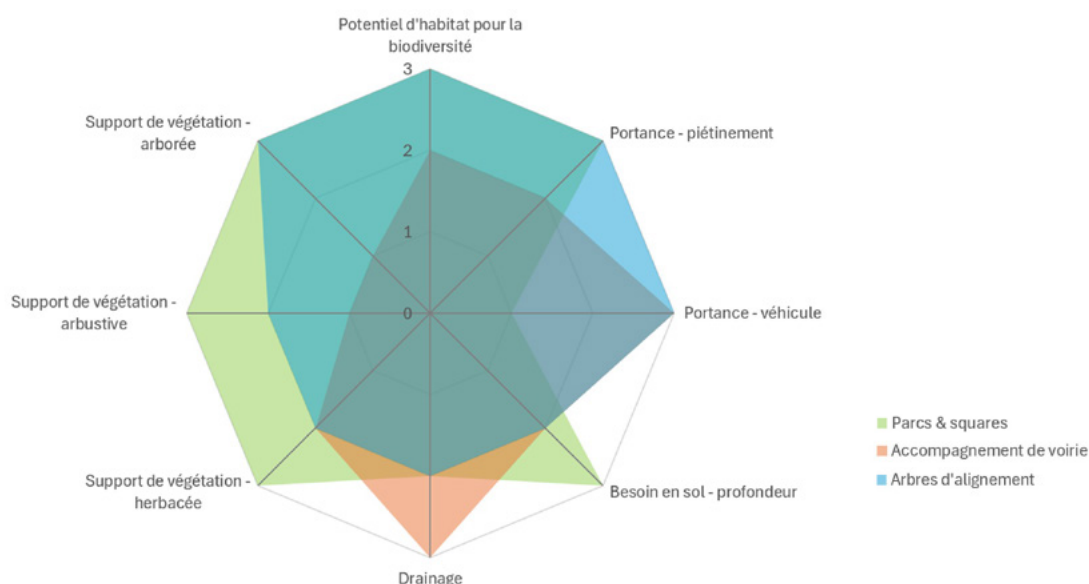
Pour satisfaire leurs fonctions de façon pérenne et sûre, les sols urbains doivent répondre à des cahiers des charges précis en termes de portance, de porosité et de fertilité, notamment. Il importe donc de considérer le sol comme un milieu complexe, en tenant compte de ses aspects physiques, chimiques et biologiques. Chaque horizon de sol présente des propriétés qui lui permettent de remplir un ensemble de fonctions définies : réserve en eau, imperméabilisation, source de nutriments et de matières organiques, etc. Les usages attendus pour les sols peuvent s'exprimer en termes de niveau de fonctionnalités à atteindre, comme l'illustre le graphique ci-dessous. Les caractéristiques propices au développement des arbres et à l'accueil des réseaux sont détaillées dans les paragraphes suivants.

La relation sols et arbres urbains

Les racines, interface biologique entre le sol et la plante, ont des fonctions d'ancrage, d'alimentation en eau et en nutriments et d'accumulation de réserves (cf. 2.2 p. 27). Un contexte pédologique favorable aux arbres urbains doit permettre la prospection racinaire et l'alimentation de l'arbre, ce qui se caractérise par une **fertilité** à trois niveaux :

- **Physique** : sol poreux, aéré, perméable à l'eau et à l'air, et dont la texture reste favorable au développement racinaire selon les essences d'arbres et les différents végétaux (sol plus sableux ou plus argileux selon les essences qui tolèrent ces conditions). Un sol ayant une masse volumique apparente supérieure à 2 g/cm³ est difficilement prospectable par les racines.
- **Chimique** : présence de minéraux essentiels (azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium) et d'oligo-éléments, une capacité d'échange cationique (CEC)* élevée, et un pH acide à neutre selon les besoins préférentiels des végétaux, sachant qu'un sol au pH trop acide est plus pauvre en éléments nutritifs.
- **Biologique** : richesse en matière organique (humus), en macro-mésofaune et en micro-organismes (microfaune, symbiontes fongiques et bactériens).

Les sols destinés à la plantation peuvent être quasi-**naturels** lorsque les milieux urbains ont été peu remaniés. Dans ce cas, leurs caractéristiques agro-pédologiques peuvent être



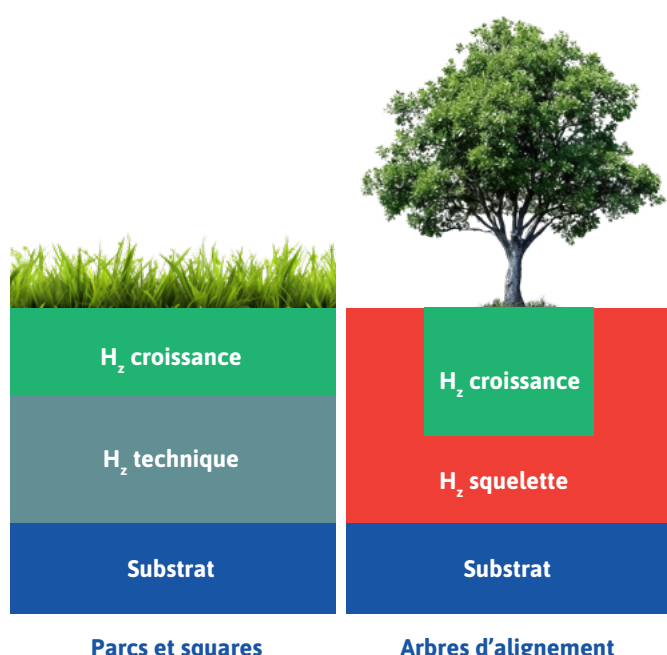
Profil fonctionnels de trois usages-modèles de sols en ville. Une note de zéro signifie que le besoin pour une fonction donnée est faible. Une note de trois signifie au contraire que le besoin est important. / D'après Plante & Cité, Programme SITERRE – Rapport final, 2015

évaluées afin de déterminer si les plantations prévues sont compatibles avec les sols en présence. Selon les besoins du projet, ceux destinés à être plantés peuvent être **reconstitués** à partir de terre végétale et de terre support, d'origine agricole ou artificielle. Les spécificités de ces dernières sont définies par la norme* NF U 44-551 d'application obligatoire (Association française de normalisation [AFNOR], 2002). Toutes deux sont issues « d'horizons de surface humifères ou d'horizons profonds », avec une fraction fine (granulométrie < 2 mm) supérieure à 50 % en masse.

La **terre végétale** peut être mélangée avec des matières organiques d'origine végétale, des amendements organiques* et/ou des matières minérales, de façon que son taux de matière organique soit compris entre 3 % et 15 % de matière sèche (MS). La **terre support**, elle, n'est pas amendée en matières organiques (teneur entre 1 % à 5 % MS), mais peut l'être en matières minérales. L'appellation « terres ressources », propre à l'Union nationale des entreprises du paysage (UNEP), englobe ces deux termes, désignant globalement les matériaux terreux meubles, naturels ou rapportés, utilisés pour l'aménagement du paysage.

Ces matériaux sont disposés en une **couche de surface** et des **couches sous-jacentes**. La première, souvent amendée et d'une profondeur de 30 cm, est destinée à la prospection des racines nourricières. Les couches sous-jacentes, biologiquement moins fertiles et plus profondes, sont le support de l'enracinement d'ancrage. Une couche intermédiaire, dite horizon transitoire, permet de faciliter la prospection entre l'horizon de surface et le(s) horizon(s) profond(s) (UNEP, 2012).

Comme représenté sur le schéma ci-contre, pour l'usage « Parcs urbains et squares », la structure du sol peut se décliner en deux horizons (Hz) distincts : un horizon de croissance en surface et un horizon technique en profondeur. Il en va de même pour l'usage « Arbres d'alignement », mais avec une organisation différente : un horizon de croissance avec un trou de plantation, et un horizon squelette, qui peut par exemple être un mélange terre-pierre représentant le volume majeur de la fosse de plantation.



Profil théoriques de sols construits, pour deux cas d'usages. / D'après Plante & Cité, Programme SITERRE – Rapport final, 2015 ; illustrations : Vecteezy

Les sols urbains sont multifonctionnels : planter en contexte de voirie avec des exigences de circulation n'est pas sans effet sur la physiologie racinaire (cf. 2.2 p. 33). L'ingénierie des sols tend à améliorer quantitativement et qualitativement le volume d'exploration racinaire par divers modes opératoires : désimperméabilisation des revêtements et déconnexion des EP, décompaction des fonds de fosses et scarification des parois, fosses continues, adaptation de l'altimétrie et de la géométrie des fosses, usage de substrats structuraux comme le mélange terre-pierre, etc. Les caractéristiques des sols (motte, fosse, encaissant, et toutes les interfaces entre eux) déterminent donc la prospection racinaire et peuvent constituer un levier d'action pour la diriger.

Le programme SITERRE (Plante & Cité, 2010-2015) a sélectionné les indicateurs physiques et chimiques les plus pertinents pour répondre aux objectifs de multifonctionnalités des sols urbains, et en particulier pour le développement du végétal : les valeurs cibles retenues sont indiquées dans le schéma ci-après. Il est important de noter que les différents végétaux présentent des besoins trophiques variés (sols plus ou moins acides, riches, sableux, etc.). Par conséquent, leur bon développement dépend étroitement des caractéristiques des sols en place. À titre indicatif, il est tout de même possible de donner des conditions optimales pour chaque paramètre.

Dans certains cas, le dépassement des valeurs seuils peut engendrer des conditions délétères pour les végétaux (pH trop faible/élevé, teneurs en calcaire [CaCO₃] trop élevées, etc.). Dans d'autres cas, les végétaux pourront s'implanter, mais sans que les conditions de développement soient idéales (ex. : si les teneurs en matières organiques et/ou le rapport carbone/azote [C/N] sont trop faibles). Des outils dédiés à la connaissance et au choix des végétaux en font état, tel que Floriscope.

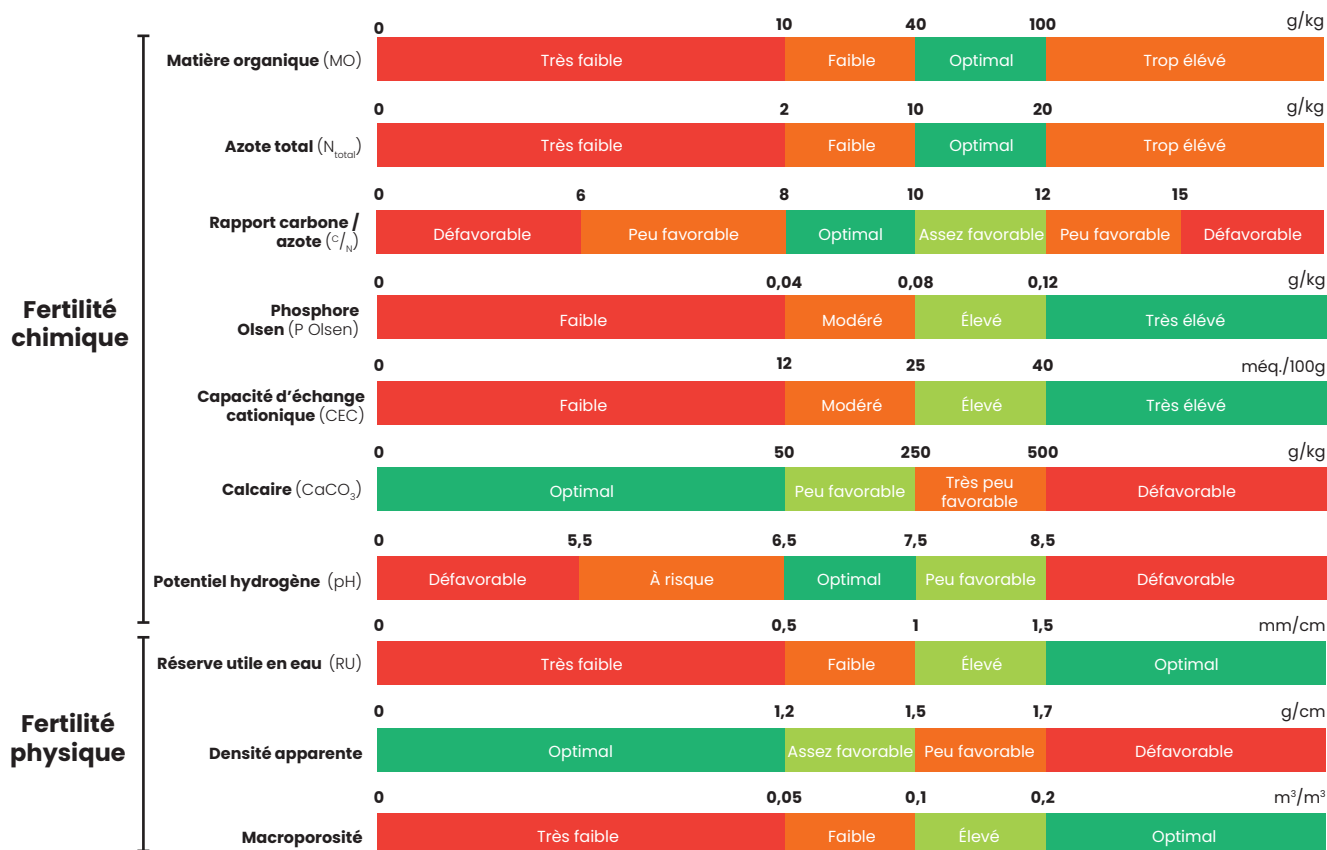
La relation sols et réseaux enterrés

Le tracé (x, y) et la profondeur (z) des tranchées de réseaux sont décidés en fonction des données du projet, généralement afin de faciliter la mise en œuvre tout en contenant les coûts et en observant la réglementation en vigueur. La nature du sol en place, caractérisé en étude projet, est particulièrement importante car elle détermine les matériaux de lit de pose et de remblai* et peut influencer dans certains cas sur le choix du tracé. Elle influe aussi sur les moyens à mettre en œuvre pour l'extraction ainsi que sur les risques liés aux vibrations des engins (environnement proche : structure de bâtiment, de mur de soutènement, de talus, etc.).

Certaines **caractéristiques du système sol-tranchée** qui accueille les réseaux sont essentielles pour garantir la durabilité et la sécurité des installations. Il doit être **stable** et **porteur**, mais aussi **isolant** vis-à-vis des fluctuations de température et d'humidité (cf. 2.3 p. 47).

Les principaux aspects liés aux sols à considérer sont indiqués ci-après. Les sols en place sont classés selon les normes NF EN 16907-2 et NF P11-300. Cette **classification** permet de déterminer les conditions de réutilisation en fonction de leur granulométrie, de leur argilosité/plasticité, ainsi que de leur état hydrique, ce dernier permettant de déterminer leur comportement au moment de la mise en œuvre et du compactage.

La **portance** permet de déterminer la capacité d'un sol à supporter un trafic de chantier ou à être mis en œuvre et



Indicateurs de fertilité physique et chimique adaptés à une gamme de végétaux courants en aménagements paysagers.
/ D'après Damas et al., Programme SITERRE – Rapport final, 2015

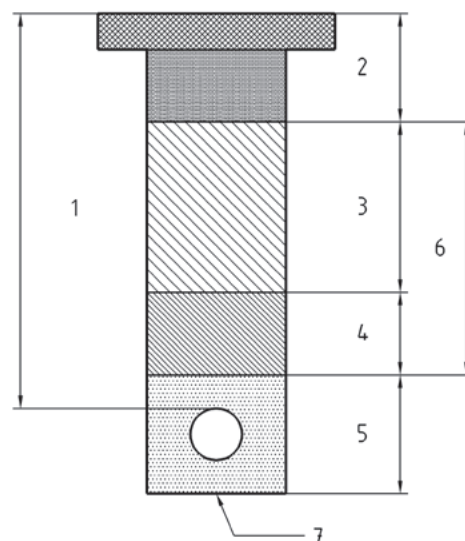
compacté. Plus un sol est humide, moins il est porteur et donc utilisable en l'état. Il doit alors être réutilisé selon des conditions définies (cf. guide du Service d'études techniques des routes et autoroutes (SETRA) dans *Pour aller plus loin*, page suivante). À l'inverse, les sols à l'état « très sec », bien que très porteurs, sont également inutilisables en l'état.

Les sols doivent permettre un bon **drainage** pour éviter l'accumulation d'eau, qui pourrait affecter la stabilité des canalisations. Les matériaux de tranchées ne permettant pas le drainage des eaux de circulation et/ou de nappe, l'utilisation de matériaux d'enrobage et de pose en gravillons de type 2/4 mm ou 4/6 mm permet d'éviter la dégradation des matériaux sableux par la circulation d'eau.

La pose des réseaux gravitaires doit tenir compte de la **topographie** du site pour garantir l'écoulement des fluides d'un point haut vers un point bas. On recherche généralement une pente de 2 cm/m minimum, certains réseaux étant mis en œuvre sous des chaussées ayant des pentes de 13-14 % ou plus.

La **compatibilité** d'un matériau de remblai avec un sol en place dépend essentiellement de leurs caractéristiques chimiques et/ou géochimiques. On évite par exemple de mettre des matériaux d'un gisement acide (cornéenne, schiste, etc.) dans un milieu basique (calcaire, craie, marne, etc.).

Le phénomène de **retrait-gonflement*** peut provoquer des changements de pression dans les sols et occasionner des déformations des ouvrages. La sensibilité d'un sol ou d'un matériau à ce phénomène dépend de sa nature minéralogique, de sa teneur en eau, de sa compacité et de son environnement.



Légende

- 1 Hauteur de recouvrement
- 2 Corps de chaussée (assise et revêtement)
- 3 Partie supérieure de remblai
- 4 Partie inférieure de remblai
- 5 Zone d'enrobage
- 6 Remblai proprement dit
- 7 Fond de tranchée
- 2+6+5 Profondeur de tranchée

Coupe type d'une tranchée. / NF P98-331 « Chaussées et dépendances – Tranchées : ouverture, remblayage, réfection », AFNOR, août 2020

L'ouverture et le comblement des **fouilles** ou **tranchées** accueillant des réseaux sont encadrés par plusieurs normes, de sorte à constituer un environnement pédologique homogène sur tout le linéaire concerné.

En particulier, la norme NF P98-331 « Chaussées et dépendances – Tranchées : ouverture, remblayage, réfection » (AFNOR, 2020) établit les prescriptions applicables en contexte de voirie. Elle donne notamment des profils type et les caractéristiques des remblais dans différentes situations : tranchée sous voiries lourdes, sous trottoirs, accotements ou espaces verts, micro- et mini-tranchées (resp. 5 à 15 cm et 15 à 30 cm de large) et tranchées en rives.

Le **remblai** est constitué de couches successives de différents matériaux, compactées par damage au fur et à mesure dans la zone d'enrobage du réseau (15 à 30 cm de hauteur de remblai autour du réseau). Par exemple, pour les tranchées sous chaussées, des matériaux ayant une granulométrie de 0/20 mm à 0/40 mm sont généralement utilisés. Ils offrent souvent des conditions plus favorables en oxygène et eau que les volumes voisins compactés, d'où la préférence des racines d'arbres pour ces milieux dès lors qu'ils leur sont accessibles.

La norme NF P98-331 indique des **matériaux** de remblai facilement compactables et non agressifs pour les réseaux, les sous-produits industriels ou les sols en place réutilisables dans chaque partie de la tranchée selon l'importance du trafic et selon leur conformité environnementale et sécuritaire vis-à-vis des réseaux.

Plus largement, le *Guide des terrassements des remblais et des couches de forme*, ou guide GTR (Institut des routes, des rues et des infrastructures pour la mobilité [IDRRIM] & Cerema, 2023), détaille les conditions d'emploi, de mise en œuvre et de **compactage** des matériaux pour des couches de forme et remblais courants. Les paramètres techniques décrits dans les deux fascicules de ce guide accompagnent les opérateurs, de la réalisation des infrastructures aux opérations de contrôle : choix des matériaux selon leurs caractéristiques géotechniques (nature, état hydrique, etc.) et selon la situation météorologique (sensibilité eau/gel/évaporation), techniques d'exécution courantes, opérations de contrôle des matériaux et du compactage (essai Proctor, essai à la plaque, etc.). Bien qu'il ne mentionne pas directement les réseaux enterrés, ce guide est une référence dans les opérations de terrassement, et doit être complété du guide *Remblayage* des tranchées et réfection des chaussées* édité par le SETRA/LCPC (1994).

Tenir compte des sols pour instaurer une bonne cohabitation racines-réseaux

Les sols, en tant que piliers de la cohabitation racines-réseaux, doivent être pris en compte dès l'amont des projets.

Les **diagnostics préliminaires** (fosse et profils pédologiques*) permettent d'analyser les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols en place et d'ainsi évaluer leur aptitude à être réutilisés ou amendés selon les fonctions attendues du projet.

Au moment de la **conception**, l'ingénierie des sols permet d'adapter le choix des techniques et des matériaux de terrassements selon l'espace exploité (chaussée, trottoir ou sol naturel), le type de réseau (sec ou humide, sensible ou non, gravitaire ou sous-pression, ancien ou récent, cf. 2.3 p. 39) et

le besoin de qualité et de quantité de sols disponibles pour les arbres impliqués (cf. 2.1 p. 23). La compartimentation des volumes de sols pose question : s'il est d'usage de protéger les zones dédiées aux réseaux et celles dédiées aux plantations, il faut veiller à ne pas rompre les continuités des sols et la connexion au fil d'eau requis pour la physiologie de l'arbre, sous peine de dégâts potentiels.

En phase **travaux**, il convient de suivre des modes opératoires respectueux des sols, et de savoir les protéger de potentielles atteintes physiques (compaction, tassement) et chimiques (pollutions). Se pose également la question du réemploi des terres excavées dans une démarche de chantiers écologiques. À travers toutes les phases du projet, **l'archivage des données relatives à l'expertise pédologique** des zones d'intervention est un levier d'action essentiel pour mieux appréhender la cohabitation harmonieuse arbres-réseaux, et les projets d'aménagement plus largement.



Pour aller plus loin

→ UNEP, AITF, HORTIS, FFP, 2012. **Travaux des sols, supports de paysage : caractérisation, amélioration, valorisation et reconstitution. Règles professionnelles.** UNEP, n° P.C.1-RO, 57 p. [Travaux de mise en œuvre et d'entretien des plantes] www.lesentreprisesdupaysage.fr/bonnes-pratiques-du-secteur-les-regles-professionnelles/les-regles-parues/travaux-des-sols-supports-de-paysage-caracterisation-amelioration-valorisation-et-reconstitution/

→ SETRA - Service d'études techniques des routes et autoroutes, Laboratoire central des ponts et chaussées (LCPC), 1994. **Remblayage des tranchées et réfection des chaussées.** SETRA, 80 p. <https://doc.cerema.fr/Default/doc/SYRACUSE/14475/remblayage-des-tranchees-et-refection-des-chaussees?lg=fr-FR>

→ IDRRIM, 2023. **Guide des terrassements, des remblais et des couches de forme. Fascicule n° 1 - Principes généraux. Fascicule n° 2 - Annexes techniques.** Cerema ; 113 p. + 97 p. https://www.ensemble77.fr/images/outils/gestion_domaine_public/Guide_terrassements/gtr_2023_fascicule_1_compressed.pdf

→ Collectif, 2020. NF P98-331. **Chaussées et dépendances – Tranchées : ouverture, remblayage, réfection.** AFNOR, 44 p.

2.2 LES SYSTÈMES RACINAIRES des arbres

Les racines sont des organes indispensables à la vie végétale. La connaissance de leur rôle et de leur organisation dans l'architecture du système racinaire d'un arbre est fondamentale pour limiter les dégâts, notamment en phase travaux. Cette partie fait le point sur les connaissances essentielles et les idées reçues, afin de mieux appréhender la protection de ces « réseaux vivants ».

Préambule : l'arbre

Un arbre est un être vivant fixé au sol, ce qui implique des contraintes majeures.

Être vivant, c'est respirer. Toute cellule végétale vivante respire, aérienne comme souterraine. La présence d'air accessible aux racines dans les sols est primordiale : un sol trop compact ne permettant pas la respiration ne sera pas colonisé, et la compaction d'un sol colonisé par des racines entraînera leur asphyxie. Toutes les essences d'arbres ne montrent pas la même tolérance à la compaction, d'où l'importance des analyses de sols préalables pour un bon choix d'essences.

De l'eau, ni trop ni trop peu. Les arbres ont évidemment besoin d'eau pour vivre et grandir, mais pas au point de risquer de se noyer. Un sol gorgé d'eau n'est pas hospitalier pour la plupart des essences. À l'inverse, un sol de grosse granulométrie comporte des vides de grande taille et ne retient pas l'eau : les

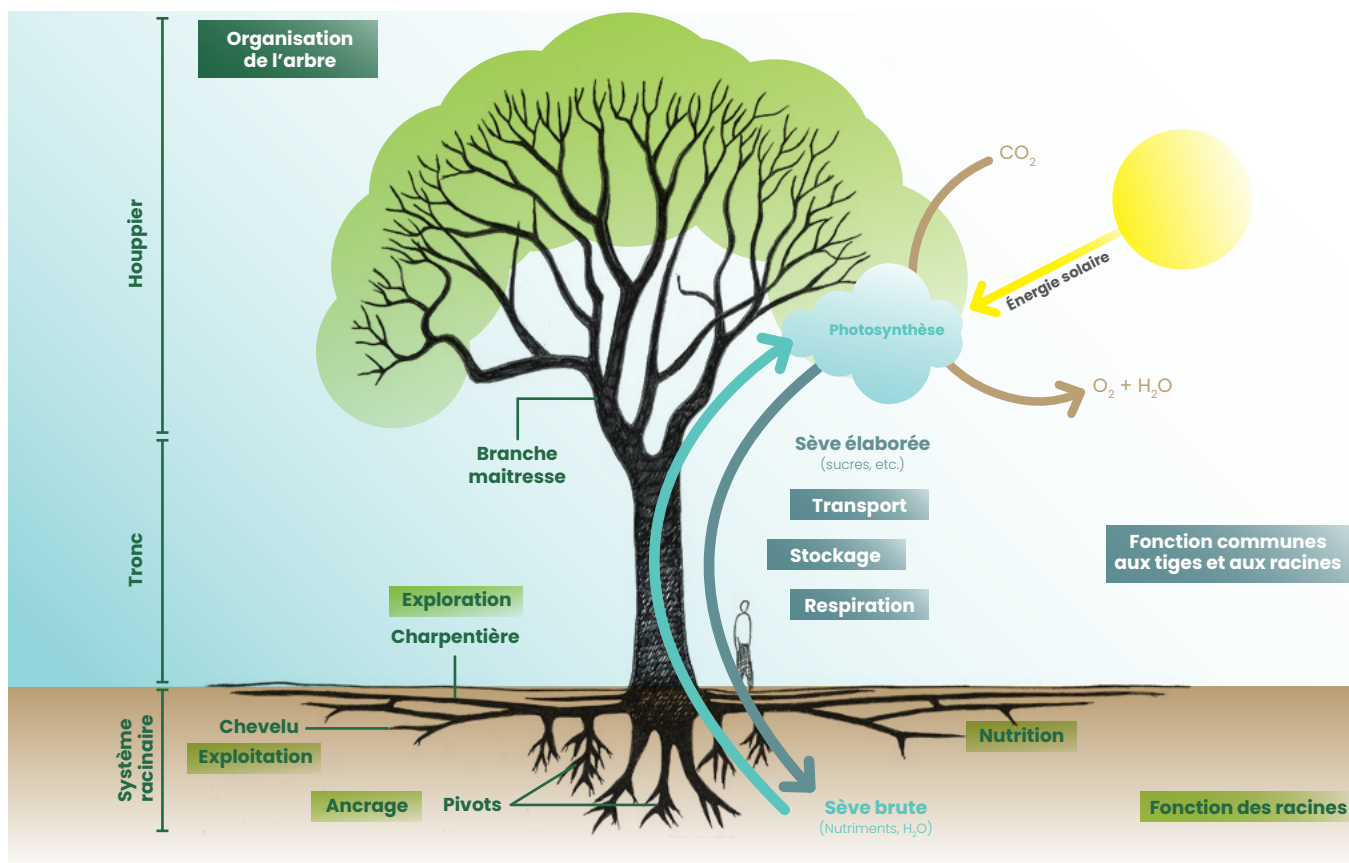
racines risquent alors la déshydratation de leur partie active charnue, ce qui entraînerait la mort de l'arbre.

Une recherche constante de ressources. L'extrémité racinaire est la seule capable d'extraire les ressources minérales du volume de sol qu'elle occupe, puis elle s'allonge pour accéder à de nouveaux volumes de sols à exploiter. Stratégie biologique pour un organisme fixé, **certaines des racines de l'arbre grandissent jusqu'à sa mort.** Elles nécessitent donc **des sols continus (non des volumes fermés)** pour soutenir croissance et physiologie de l'arbre.

Pas de fuite en cas d'agression. L'arbre sait s'autoréparer ou refabriquer des parties amputées, mais dans une certaine limite seulement. Dépourvues de bourgeons, les racines s'adaptent à de nombreuses contraintes des sols, mais sont particulièrement **sensibles à la coupe.**

Comprendre ce qui distingue les racines des autres organes végétaux, ainsi que leurs relations avec ces derniers, permet de mieux les prendre en compte à toutes les phases des projets, en particulier en contexte de cohabitation avec des réseaux enterrés. L'arbre est ainsi constitué de trois classes d'organes qui remplissent des rôles différents et complémentaires :

- **Les tiges** sont un ensemble d'axes dérivant les uns des autres par ramification. Elles portent le feuillage, qu'elles exposent par leur allongement à l'énergie solaire. À la base de chaque feuille, on trouve au moins un bourgeon protégeant une nouvelle tige potentielle.



Organisation d'un arbre, rôles et fonctions des racines. / Plante & Cité

- **Les feuilles** sont des organes spécialisés dans la captation de l'énergie solaire grâce à laquelle elles transforment la matière minérale en sucres, selon le processus de photosynthèse. Leur durée de vie est le plus souvent éphémère.

- **Les racines** sont un ensemble d'axes dérivant les uns des autres par ramification. Seules leurs extrémités sont actives, capables de s'allonger et d'absorber l'eau et les nutriments du sol pour les acheminer sous forme de sève brute. Elles ancrent l'arbre dans le sol et lui confèrent sa stabilité. On ne sait pas distinguer les extrémités qui absorbent de celles qui explorent le sol, et qui sont donc responsables de la localisation ultérieure des racines pérennes.

La racine et le système racinaire

L'organisation d'une racine

L'apex racinaire est l'extrémité terminale de la racine et aussi sa partie la plus jeune. C'est le siège de l'allongement racinaire grâce aux cellules qui s'y divisent, de l'absorption, de la ramification, de la perception que la racine a de son milieu, et de sa réaction à toute information. Comprendre son rôle est indispensable pour envisager les aménagements à mettre en œuvre pour l'exclure ou, *a contrario*, pour savoir l'accueillir dans différents volumes de sols.

Le méristème assure l'allongement racinaire. C'est un ensemble de cellules spécialisées, protégé d'une coiffe. Des méristèmes latéraux naissent à distance du méristème apical et permettent la ramification racinaire en se divisant en nouvelles cellules.

Au-delà de l'apex, l'allongement n'est plus possible car certaines cellules deviennent inextensibles : la croissance en diamètre intervient grâce à l'entrée en action de méristèmes

secondaires similaires à ceux des tiges. En amont de l'apex, la racine est un organe d'ancrage, de conduction des sèves et de stockage des **réserves**, un réseau souterrain ultrasensible dont seule la périphérie est vivante :

- **L'écorce périphérique**, pour partie composée de liège, procure à la fois un isolement et une protection relative vis-à-vis du milieu extérieur, mais permet aussi les échanges respiratoires vitaux avec le sol.

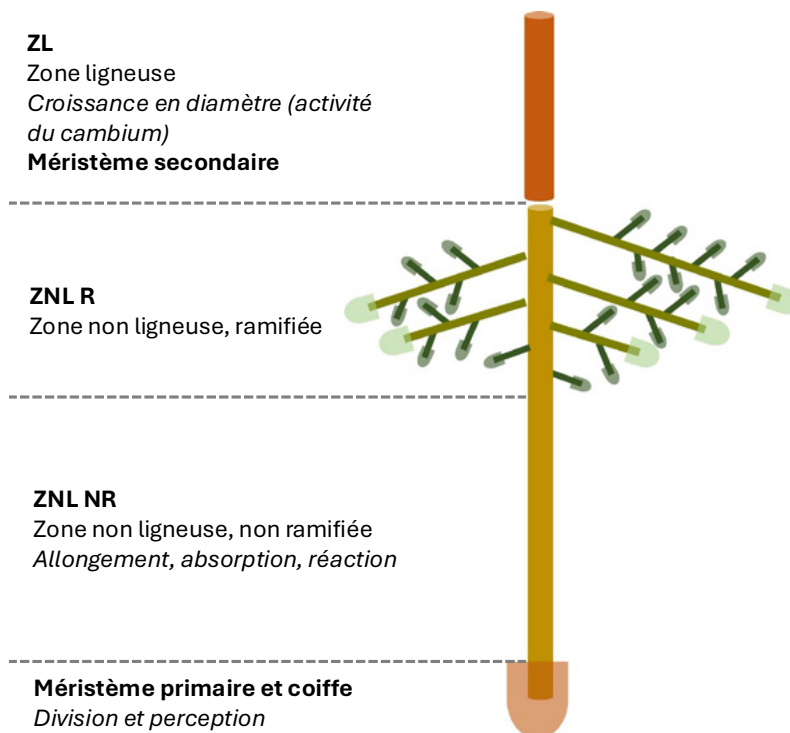
- Légèrement plus interne, **le liber** transporte la sève élaborée (sucres produits par la photosynthèse), depuis les feuilles vers l'ensemble des organes de l'arbre. Transporteur d'énergie, il est paradoxalement le tissu le moins volumineux et le plus fragile des racines.

- Plus interne encore, **le bois** conduit la sève brute (eau et minéraux), stocke l'énergie (sucres) et assure la solidité mécanique des axes. Il constitue l'essentiel de la biomasse.

- Entre le liber et le bois, le méristème qui les produit, **le cambium**, ajoute chaque année une nouvelle couche de tissu de conduction de sève, sur les couches déjà existantes.

Un arbre vit par sa périphérie (apex, tissus conducteurs sous l'écorce) **et meurt par son centre**. Pour le tuer, il suffit de le peler : **les blessures superficielles sont les plus graves**.

Outre leurs rôles d'ancrage et de nutrition, les racines participent aussi au stockage des réserves dans leur bois : glucides solubles, amidon, lipides et protéines. Ces réserves servent à la phénologie (croissance, floraison et fructification), mais aussi aux réactions et luttes contre les agressions externes. Les méristèmes apicaux racinaires produisent des **régulateurs de croissance** intervenant dans le développement de l'arbre, en particulier de ses tiges.



L'apex racinaire et ses fonctionnalités. / C. Atger

**Écorce vraie + phellogène
+ phelloderme**

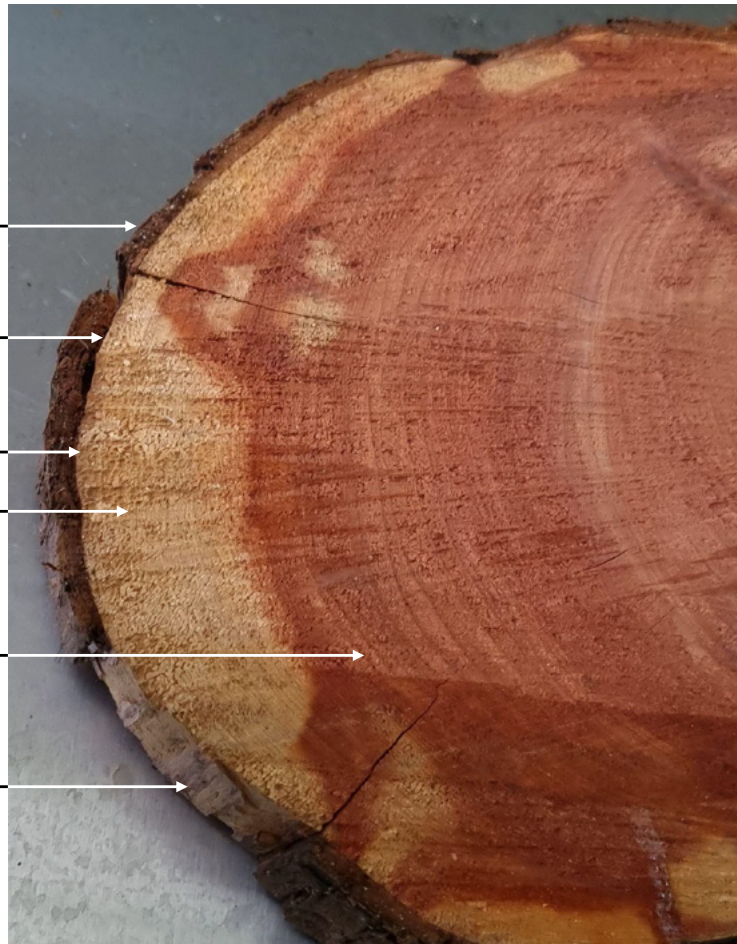
Liber
Circulation de la sève élaborée

Cambium

Aubier ou bois actif
*Stockage des sucres
Circulation de la sève brute*

Duramen ou bois de cœur
*Solidité
(ici coloré en rouge)*

Bois actif
*Mis à nu par écorçage :
suppression de tous les tissus
périphériques (écorce vraie
jusqu'au cambium)*



Méristèmes et tissus secondaires : les parties vivantes et les parties mortes. / C. Atger



La racine : un organe hypersensible

Toute **blessure**, même superficielle, interrompt la circulation des sèves, tue la partie périphérique vivante et laisse la partie morte interne. Or, les racines ne cicatrisent et ne régénèrent que très difficilement car elles ne possèdent pas de bourgeons, et donc pas de méristèmes préformés en attente, aptes à réagir à un traumatisme.

Tout **travail mécanique** compacte et écrase le sol et les racines qui s'y déploient. L'écrasement provoque la perte de circulation de l'eau et de l'air, et donc la perte de respiration des cellules vivantes dans le sol : les racines et toute la vie du sol sont concernées.

Les arbres ne meurent pas vite après les dégâts, mais **ils se dégradent lentement, longtemps**, deviennent progressivement dangereux et finissent par casser ou basculer. Les travaux peuvent donc générer des vices cachés et une dangerosité, différés dans le temps.

Les catégories de racines et leurs rôles

Le système racinaire d'un arbre se compose de différentes catégories de racines, de longueurs, de diamètres, de durées de vie et de fonctions différentes. Elles sont toutes indispensables à son fonctionnement :

- **Les racines ligneuses et permanentes** constituent l'infrastructure pérenne, les « murs maîtres » du système racinaire qu'il ne faut pas fragiliser. Elles assurent à la fois **l'ancrage** (la stabilité) de l'arbre et ses capacités **d'exploration** du milieu. Elles sont de deux types : à partir du **pivot** central et vertical, les racines **charpentières** se déploient à l'horizontale. En grandissant, le houppier de l'arbre se charge, le tronc s'élève et accroît le bras de levier exercé sur la galette racinaire qui répond à ces contraintes mécaniques.

- **Les racines ligneuses et caduques** à long terme permettent respectivement la **colonisation** et **l'exploitation** du substrat. Issues de la charpente et sans cesse renouvelées à sa périphérie, elles permettent, à partir de cette dernière, d'augmenter la distribution et la quantité de l'appareil absorbant.

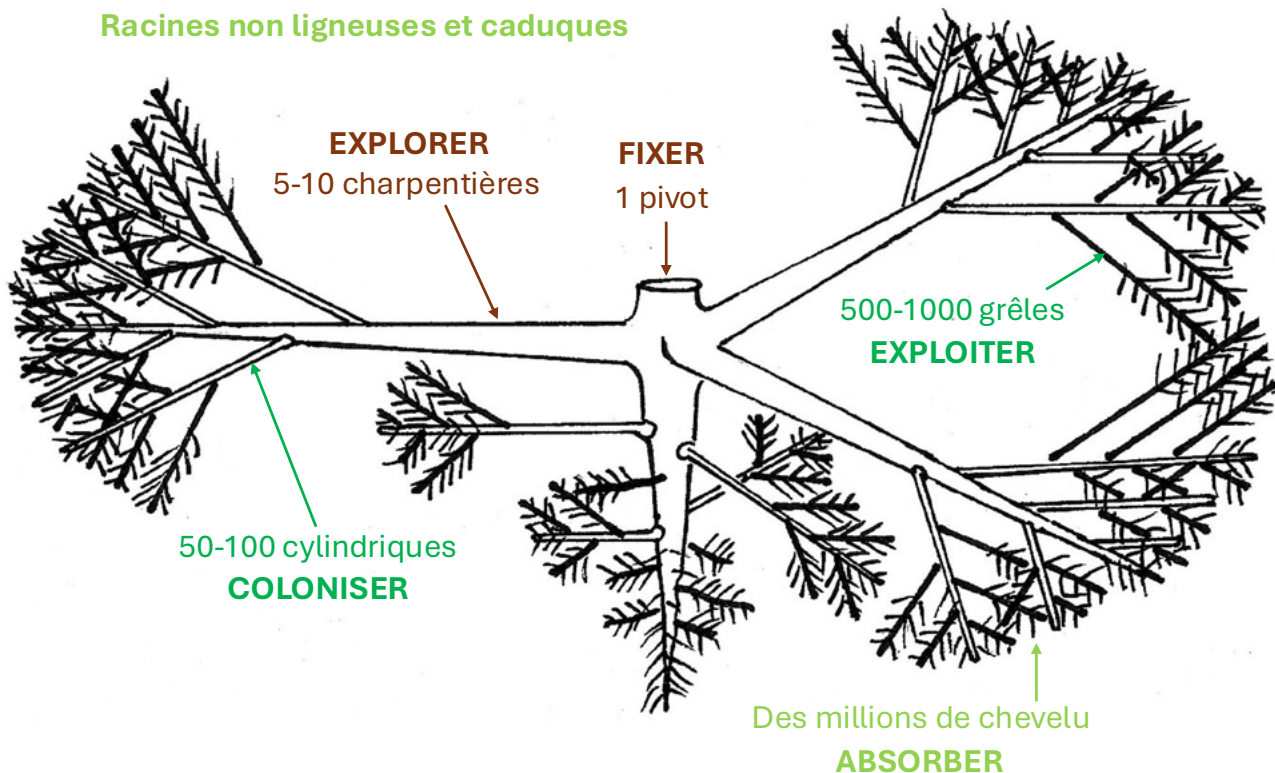
- **Les racines non ligneuses et caduques**, dites chevelu racinaire, naissent à l'extrémité des racines ligneuses. Elles sont spécialisées dans **l'absorption** de l'eau et des nutriments, souvent en association symbiotique avec des micro-organismes (champignons mycorhiziens et rhizobactéries). Elles doivent être sans cesse produites au-delà des volumes de sol déjà exploités : ce processus est fondamental pour l'acquisition de nouvelles ressources et donc pour la vie de l'arbre.

Un système racinaire :

Racines ligneuses et permanentes

Racines ligneuses et caduques

Racines non ligneuses et caduques



Schématisation du système racinaire d'un arbre, représentant le rôle des cinq catégories de racines. / C. Atger

Le développement racinaire

Ces trois grandes catégories de racines sont mises en place très progressivement. Les plus volumineuses et pérennes sont aussi les plus coûteuses à installer pour la plante : l'arbre les développe en dernier. C'est une des raisons pour lesquelles **plus un arbre est développé, moins il est résilient face aux dégâts racinaires**.

Le développement racinaire d'un jeune arbre est caractérisé par une succession d'étapes structurales et fonctionnelles conduisant à une installation progressive de l'ensemble des fonctions et des catégories racinaires composant le système :

1. La première étape est l'**ancrage** au sol. Grâce aux réserves stockées dans la graine, à la germination, la racine pivot s'allonge à la verticale, fixe la plantule* au sol et développe du chevelu racinaire absorbant. La plante acquiert alors son autonomie nutritionnelle.
2. La **nutrition** (absorption hydrique et minérale) relève de la seconde étape. Chez le jeune plant, le pivot poursuit son allongement vertical et développe latéralement des racines d'exploitation qui portent du chevelu racinaire, exploitant ainsi plus activement le milieu.
3. La **colonisation** active des volumes de sol proches du pivot. Le pivot du jeune arbre déploie latéralement un ensemble de racines de colonisation qui portent elles-mêmes des racines d'exploitation et du chevelu.

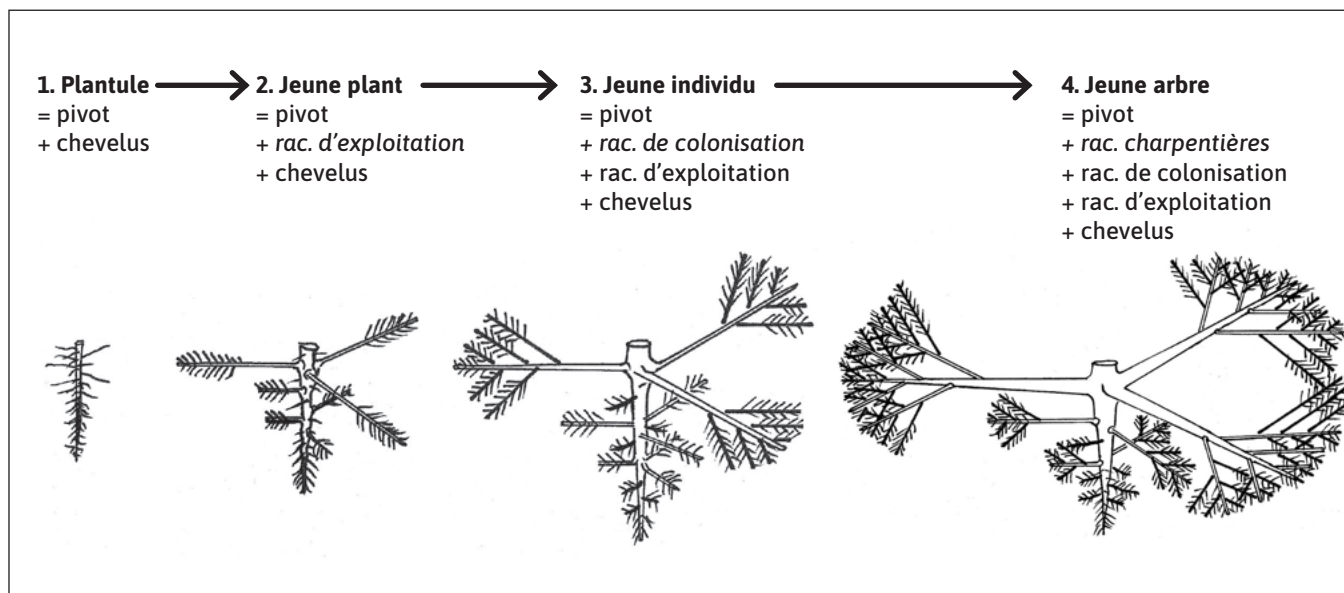
4. La dernière étape est l'installation de la charpente pérenne et l'**exploration** des volumes de sols plus lointains. Latéralement au pivot, le jeune arbre différencie ses racines de colonisation en racines charpentières horizontales sur lesquelles naissent les racines de colonisation puis d'exploitation, terminées par du chevelu racinaire.

Au terme de cette séquence de différenciation, chaque individu révélera sa stratégie propre d'occupation du sol, en fonction des caractéristiques de son espèce et du milieu.



Pivot transitoire ou permanent ?

Il est dit que la racine pivot d'essences réputées pivotantes s'effacerait au fil du temps au profit de la pérennité des racines charpentières horizontales. Cette théorie provient de l'observation d'arbres déracinés par des tempêtes, dont les systèmes racinaires présentaient des ruptures préalables. Les arbres qui ne sont pas tombés ne montrent pas tous d'effacement du pivot, mais les racines colonisent plutôt les sols selon une stratégie propre à chaque espèce et milieu.



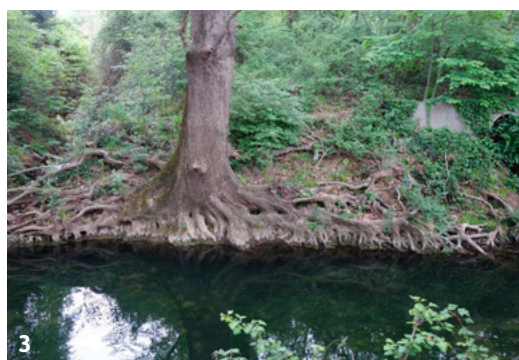
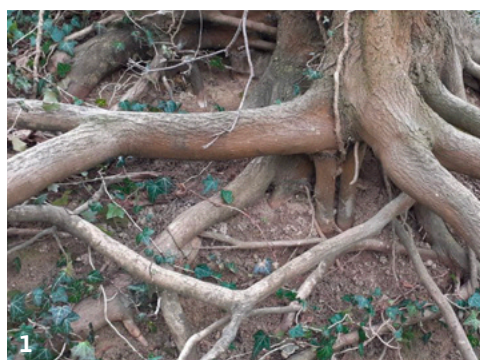
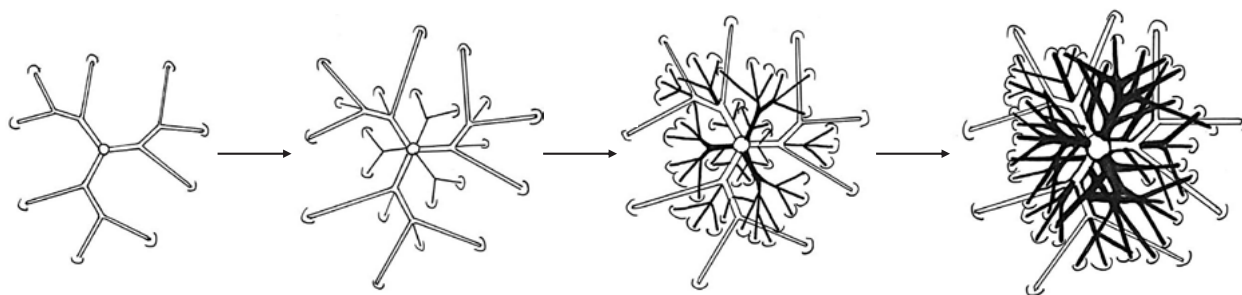
Séquence de développement du système racinaire. / C. Atger

L'architecture du système racinaire final est le fruit d'une conjugaison de mécanismes :

- Le **gigantisme** : l'organisation initiale ne fait que s'agrandir, sans fourche ni rejet. L'expansion est limitée, l'enracinement peu agressif, sa plasticité est minimale.
- La **fourchaison** : cette organisation moins hiérarchisée autorise la codominance d'axes. L'expansion est forte, le volume absorbant est repoussé toujours plus loin du tronc. L'enracinement est plastique et l'investissement de l'arbre dans l'exploration et la conduction est très élevé.
- Le développement de **rejets** : cette organisation peu hiérarchisée autorise la production de plusieurs générations

de racines homologues nées au même point, recolonisant les sites délaissés par la croissance ou l'élagage pour maintenir l'absorption dans un volume restreint.

Chez bon nombre d'espèces, fourchaison et rejets opèrent conjointement. Chez le platane par exemple, la fourchaison élargit la charpente alors que les rejets recolonisent l'espace sous le houppier, de la base du tronc aux parties anciennes de la charpente. Plusieurs générations de couronnes racinaires se superposent et fusionnent en un socle autour du pied de l'arbre.



Vues du dessus des racines charpentières. Le centre représente le tronc et les traits gras indiquent les rejets renforçant secondairement les fourches de la charpente initiale. 1. Fourchaison ; 2. Développement de rejets (platane) ; 3. Combinaison des stratégies de fourchaison et de rejets qui génère des soudures racinaires chez le platane. / C. Atger

La croissance compensatrice, mécanisme de la plasticité racinaire

Les sols sont source de nombreuses contraintes face auxquelles les systèmes racinaires des arbres peuvent, dans une certaine mesure, s'adapter. Ainsi, la disponibilité, dans l'ordre, de l'oxygène, de l'eau et des ressources minérales module la répartition des racines dans les sols. Pour cette raison, le déploiement racinaire (localisation et étendue) ne peut être prédit, *a priori*, ni par la simple connaissance de l'espèce, ni par l'observation du développement des parties aériennes de l'individu.

La **croissance compensatrice** est le mécanisme de plasticité racinaire, moteur de son adaptation à l'hétérogénéité du sol. Elle opère à l'échelle de la racine et du système ramifié dans son ensemble.

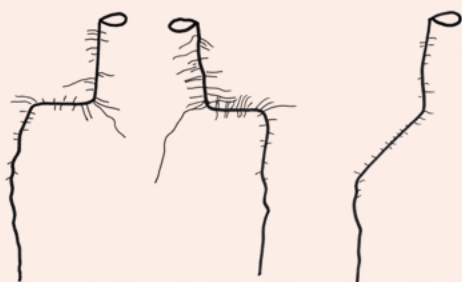
Le comportement opportuniste des racines les conduit à proliférer intensément dès qu'elles rencontrent des volumes de sols favorables (air, eau et nutriments). À l'inverse, lorsqu'elles rencontrent une zone contraignante, l'allongement peut être intégralement bloqué ou bien se poursuivre aux dépens de la ramification. La racine peut alors parvenir à traverser la zone la plus contraignante sans s'y ramifier. Dans les deux cas, la réduction du déploiement racinaire dans une direction donnée peut se traduire par une stimulation du développement des portions racinaires échappant à la contrainte.



Les réactions des racines face aux obstacles

La vitesse de croissance d'une racine chute fortement dès que son extrémité entre en contact avec un obstacle. Dans ce cas, immédiatement en amont du point de contrainte, l'allongement des dernières racines latérales formées est stimulé à la suite de l'affaiblissement de la dominance exercée par l'axe qui les porte. Une contrainte prolongée peut ainsi provoquer le remplacement de l'axe concerné par une de ses racines latérales.

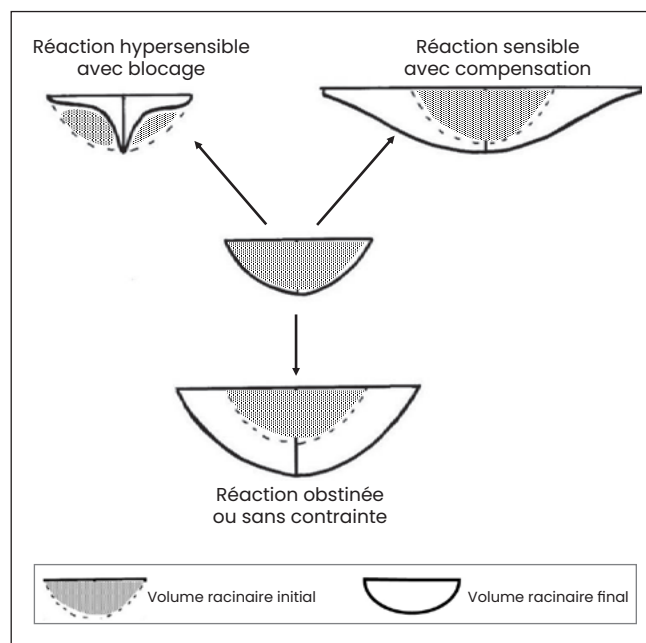
Globalement, **plus la contrainte est prolongée** (un obstacle unique long ou la succession très proche de nombreux obstacles courts), plus l'axe concerné va rencontrer **des difficultés à restaurer ses capacités initiales de croissance**. D'autres paramètres comme la **rugosité** de l'obstacle ou l'**angle** qu'il forme avec la direction de croissance initiale de la racine affectent les capacités de restauration du plan initial de croissance.



Effet de la présence d'un obstacle sur l'allongement et la ramification racinaire. Obstacle perpendiculaire à la trajectoire (à gauche et au centre) et de surface rugueuse (au centre). / Belissalah Y., Amin T., El-Hajzein B., Neville P., 1988. Formation of regeneration roots by *Quercus ilex*. Bulletin de la Société Botanique de France - Lettres Botaniques, vol. 135, n° 4-5, p. 333-342

Face à une contrainte donnée (ou une association de contraintes), il existe **trois types de réactions** (cf. schéma ci-dessous). Chaque essence a une sensibilité propre aux différentes propriétés du sol, c'est-à-dire qu'elle tolère une gamme donnée de variations pour chaque paramètre du sol et de leurs combinaisons :

- Les essences **sensibles** compensent le blocage de leur déploiement dans les zones les plus contraignantes en stimulant leur développement dans les zones les plus favorables.
- Les essences **hypersensibles** voient leur développement bloqué par la contrainte.
- Les essences **obstinées** semblent insensibles à ce qui est une contrainte pour d'autres espèces, tout au moins au niveau de leur développement racinaire.



Effets de la croissance compensatrice sur le déploiement de l'enracinement. / C. Atger

Ainsi, selon la disparité des sols et de leurs propriétés, la croissance compensatrice peut accroître la difficulté des racines à se déployer dans une direction donnée. C'est pourquoi il est impératif de diagnostiquer les sols de plantation et de les travailler de manière à aménager des gradients de qualité aux interfaces motte-fosse-encaissant que les racines seront amenées à traverser.

Par conséquent, en cas de contraintes et par le mécanisme de croissance compensatrice, on trouve des racines aux endroits où au moins air et eau sont disponibles, c'est-à-dire :

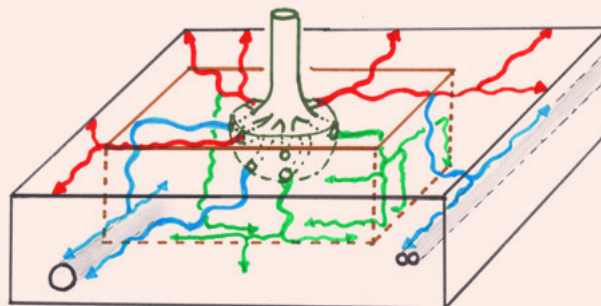
- **Les interfaces**, le long desquelles les racines filent et prospectent des volumes de sol favorables. Par exemple sous enrobé (provoquant des soulèvements racinaires), le long des parois de tranchées et de la motte ou de la fosse d'arbre.
- **Les volumes de sols hospitaliers** rassemblant les ressources nécessaires aux racines et à l'arbre. Les sols urbains étant généralement contraignants (trop compacts ou alcalins* par exemple), les remblais* de tranchées constituent souvent un refuge bienvenu pour les racines, d'autant plus s'ils sont habités par des réseaux fuyards*.



Un exemple en contexte de voirie, à Angers

L'excavation de 20 copalmes d'Amérique (*Liquidambar styraciflua*) plantés sur trottoir à Angers a permis de constater le déploiement de plusieurs compartiments racinaires dans les volumes exploitables :

- **Les parois de la fosse** de plantation (4 m³) constituent un obstacle contre lequel les racines ont tendance à tourner.
- **Sous le stabilisé**, un tapis de racines de quelques centimètres d'épaisseur participe à l'alimentation hydrique de l'arbre.
- **Les fissures des couches de remblai** fortement tassées et **les interfaces** entre ces couches sont aussi colonisées.
- **Les parois des tranchées** de réseaux et les bordures des trottoirs sont aussi des interfaces de déploiement racinaire.



Vert foncé : l'arbre et sa motte de plantation ; marron : la fosse de plantation ; noir : l'encaissant. Les racines régénérées à partir de la souche se fauillent en surface entre les couches de revêtements (en rouge), longent les parois de la fosse, mais ne parviennent que très difficilement à en sortir (en vert), s'échappent en profondeur en suivant les tranchées de réseaux (en bleu). / C. Atger

Ainsi, les systèmes racinaires ne colonisent pas la totalité d'un volume cultural supposé, mais recherchent plutôt des linéaires leur offrant des portes de sortie et des continuités de sols. En contexte de voirie, les sols accessibles aux racines présentent notamment des **densités apparentes*** très variables. En la matière, la valeur de 2 g/cm³ revient dans la littérature comme seuil limitant fortement l'allongement racinaire.

Le mécanisme de croissance compensatrice explique l'impossibilité d'apprécier indirectement l'extension réelle d'un système racinaire, la position concrète des racines qui le composent et les risques encourus par les arbres lors de travaux. En l'absence de certitudes, il faut émettre des hypothèses et **s'inspirer des compétences spécifiques des racines pour évaluer les zones privilégiées d'extension, voire pour les piloter** et les guider vers des volumes de sols dans lesquels elles n'occasionneront pas de dégâts, tout en permettant le développement de l'arbre.

Actualiser les pratiques face aux idées reçues

Les racines n'aiment pas la taille

Le terme taille désigne ici tout événement résultant en une **section de racines** (coupe, arrachage ou déchirement), par exemple lors de terrassements ou mouvements spontanés de sols, ou durant l'élevage en pépinière.

La réponse du système racinaire à la taille fait l'objet d'un certain nombre d'idées reçues, pourtant invalidées par les démonstrations scientifiques (résultats d'expérimentations et d'observations *in situ*). **L'impact de la taille dépend largement de l'espèce d'arbre, de la période de taille et de la racine elle-même** : sa catégorie, sa position dans le système racinaire, son âge chronologique et physiologique. On peut néanmoins retenir certains points.

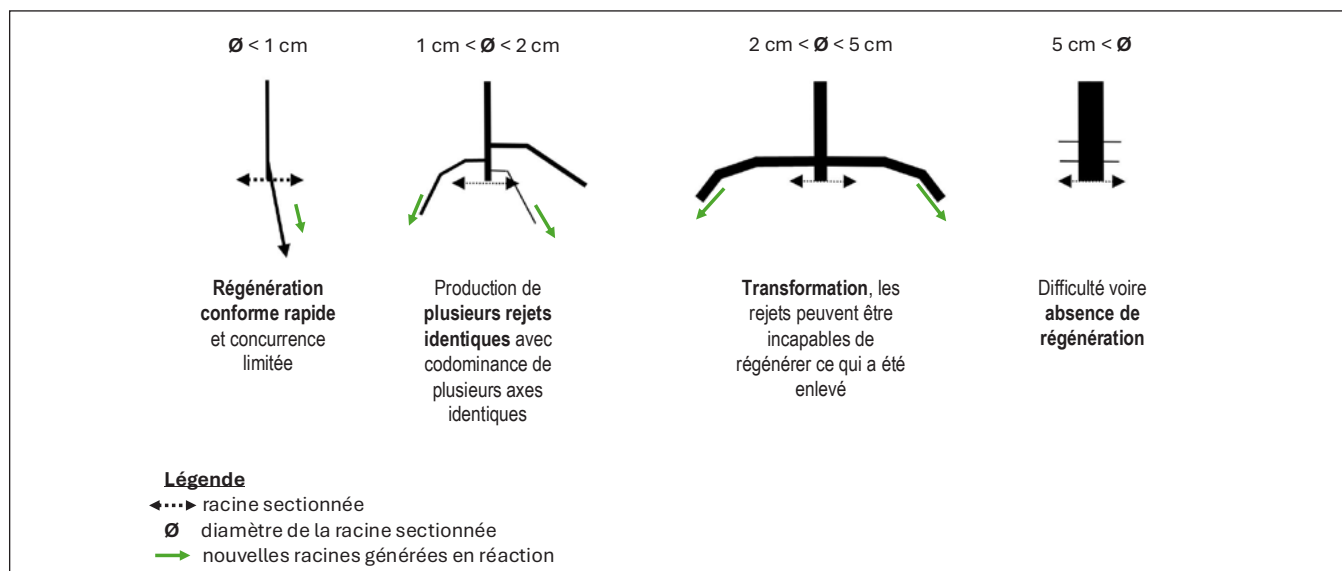
Une conjonction de paramètres détermine les déficits de reprise et de régénération racinaires. **La vitesse et la performance de restauration sont d'autant plus faibles que :**

- la portion sectionnée est de **gros diamètre** et éloignée du tronc (âges chronologique et physiologique élevés) ;
- les racines en présence et à proximité sont nombreuses à rentrer **en concurrence** les unes avec les autres ;
- l'environnement de plantation est **contraignant**, exacerbant cette concurrence.

Entre la véritable régénération conforme à la portion amputée et l'absence totale de réaction, il existe une très grande variabilité de réponses à la taille racinaire.

Le système racinaire est dépourvu de bourgeons, il ne possède donc pas de méristèmes préformés en attente, aptes à réagir à un traumatisme. Une coupe peut provoquer différents types de réactions :

- **Sur une portion racinaire terminale jeune**, en cours d'allongement, la coupe peut stimuler la transformation de racines latérales en cours de formation au plus près de la plaie. Ces dernières remplaceront la partie sectionnée et **la régénération sera alors rapide et conforme**. Mais plus la coupe est tardive, affectant une portion ancienne, plus la capacité des racines latérales à se transformer en axe de remplacement est affaiblie, voire aura disparu. Ainsi, un pivot peut perdre très rapidement sa capacité à se régénérer et sa coupe peut donner naissance à des racines horizontales ou obliques, inaptées à le remplacer.
- **Sur une portion racinaire plus âgée** en cours d'épaississement, la coupe provoque une activation du cambium, c'est-à-dire une multiplication cellulaire générant un **bourrelet**



Effet de l'âge chronologique sur l'aptitude de régénération d'un fragment de racine. / C. Atger

de recouvrement* de la plaie, éventuellement accompagné de la formation d'apex racinaires sur ce bourrelet. Ces deux réactions concomitantes (recouvrement de la plaie freinant l'entrée de pathogènes et néoformation d'axes de remplacement) entrent en **concurrence pour l'allocation des ressources** et leur pleine expression respective.

La pérennisation d'un **grand nombre de rejets** à la suite d'une blessure n'est pas la manifestation d'une « vigueur » de la reprise et de la régénération racinaire, mais témoigne plutôt d'une **incapacité à restaurer l'organisation** du système racinaire au point affecté. En effet, si un de ces rejets ne devient pas rapidement dominant, la régénération racinaire peut être totalement stoppée.

Ainsi, **la taille ne rajeunit pas le système racinaire**, bien au contraire. Des coupes répétées, rapprochées dans l'espace et/ou dans le temps, constituent plutôt un facteur de **vieillesse prématuré** de l'appareil racinaire, le conduisant vers la perte définitive de ses aptitudes à une régénération efficace, c'est-à-dire conforme à son âge et à son stade de développement. Elles conduisent ainsi à des expressions partielles de la régénération et à l'installation d'**architectures racinaires hybrides, moins résilientes** face aux stress environnementaux.

Malgré le fait que la coupe racinaire soit proscrite, il est dans certains cas possible **d'y recourir dans le cadre de travaux**, à condition qu'elle soit dûment justifiée et encadrée par **l'expertise arboricole**. En cas de besoin, l'expert pourra indiquer quelles racines peuvent être sectionnées et/ou préciser les risques liés à l'opération, en fonction des quantités, localisations et diamètres des racines affectées, et du passif de l'arbre. Lorsqu'elle a lieu, la coupe doit être **propre et nette, perpendiculaire** à l'axe de la racine, et ne pas excéder le diamètre prescrit à l'échelle de la collectivité (généralement 3 à 5 cm). La mémoire et la **traçabilité des opérations** réalisées sont déterminantes pour aider à la décision et à la programmation de ces opérations.

L'arbre : un verre à (très grand) pied

Une idée reçue attribuée aux arbres des volumes en miroir, les volumes souterrains devant refléter les volumes aériens, tel un « houppier inversé ». En réalité, la silhouette à retenir est

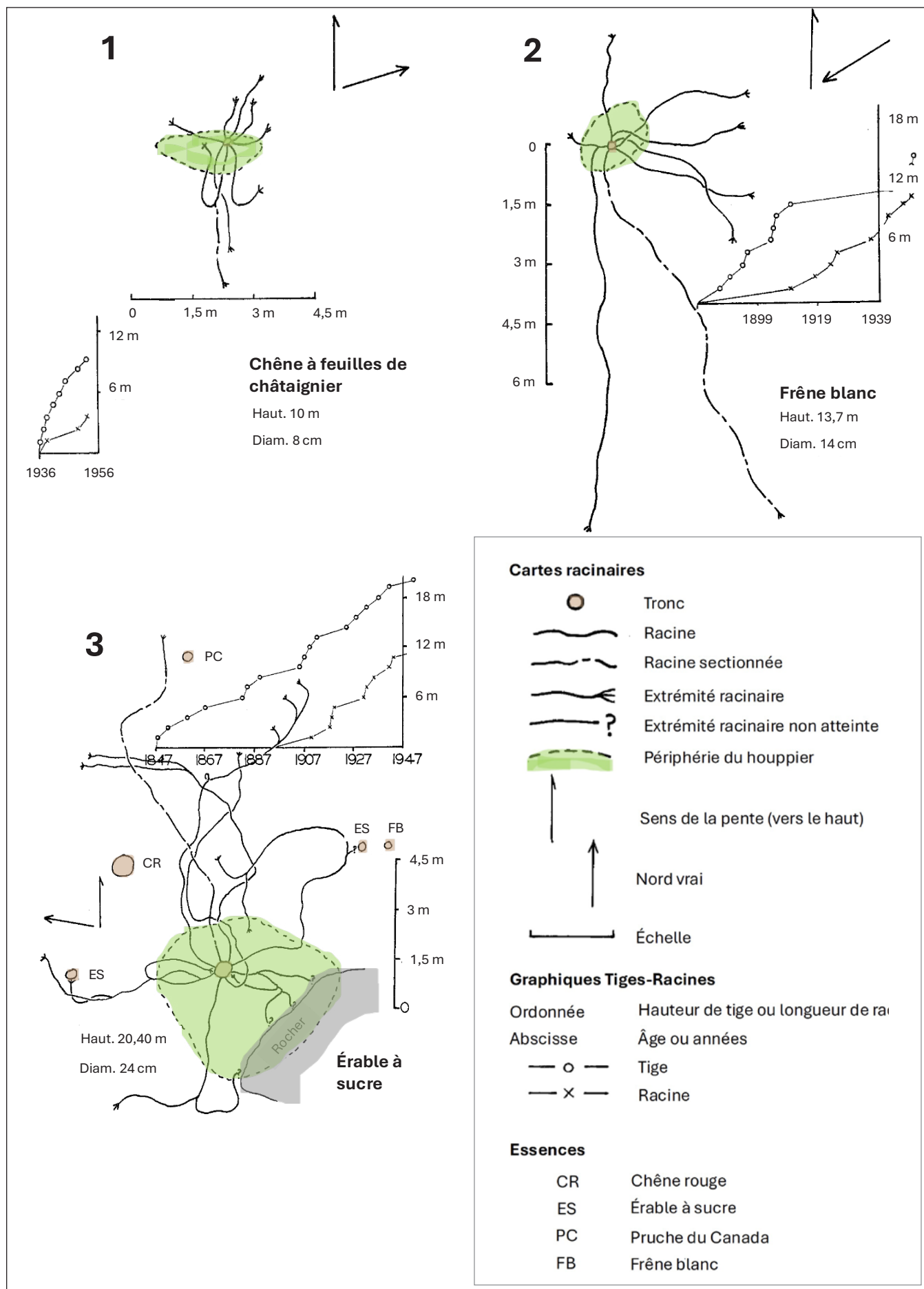
plutôt celle d'un verre à pied (un pied de forme irrégulière et de large rayon), plutôt qu'un pieu profondément enfoncé dans le sol. En particulier, il n'y a pas de relation prévisible entre la localisation des branches, le rayon du houppier, et ceux des racines : **l'organisation du houppier n'indique ni l'emprise du plateau racinaire, ni dans quelles directions se déploient les racines**.

Ces observations, menées de manière scientifique en milieux naturels et forestiers, sont en accord avec celles conduites en milieux urbains (diagnostics en phase avant-projet par exemple). En voici les principaux enseignements :

- **Des racines plutôt superficielles.** Les racines, devant assurer l'alimentation de l'arbre, se déploient de manière privilégiée dans les zones favorables, c'est-à-dire les milieux comportant à la fois de l'air, de l'eau, et de la matière organique. Dans les sols « naturels », en forêt par exemple, l'essentiel des ressources nécessaires se trouvent en surface. De fait, **80 % des racines se trouvent entre 0 et 50 cm de profondeur, et en particulier la quasi-totalité des racines de plus de 5 cm de diamètre**. On en trouve tout de même en profondeur, mais dans une proportion bien moindre.

- **Un plateau racinaire très étendu.** On voudrait croire les racines cantonnées sous le houppier, alors que la stratégie des arbres est bien de grandir jusqu'à leur mort pour compenser leur immobilisme. **Les racines explorent les sols bien au-delà du houppier, dans des directions qui leur sont propres**. En particulier, le plateau racinaire n'est **pas symétrique** : il se déploie en réponse aux contraintes et ressources de l'environnement. Il s'adapte aux obstacles et à la topographie pour assurer la stabilité de l'arbre, dont l'élévation du tronc chargé d'un houppier augmente le bras de levier qu'il subit au fil du temps.

Pour ces raisons, les modifications des couches superficielles des sols auprès des arbres peuvent être lourdes de conséquences et doivent être anticipées et préparées, voire prévenues (décaissements, remblaiements, tassements).



Distribution effective des racines dans un sol forestier. 1. Les racines du chêne opèrent un demi-tour ; 2. Les racines latérales de ce frêne sont devenues dominantes en réponse à la contrainte de l'axe porteur ; 3. Bloqué par un rocher, le système racinaire s'étend dans la direction la plus favorable. / D'après Stout B, 1956. Studies of the root systems of deciduous trees. Black Rock Forest Bulletin, n° 15, 45 p.

Les formes ou architectures racinaires : un mythe tenace

Voir ou prévoir l'invisible, voilà une tentation de taille. Pour comprendre et anticiper le développement des racines dans les sols, plusieurs **tentatives de classification** ont été faites, **mais aucune n'a réellement résisté à l'épreuve du terrain**. On parle par exemple d'arbres aux systèmes racinaires traçants, pivotants, fasciculés ou obliques, en attribuant ces formes à une prédisposition génétique. Cependant, en pratique, si ces modèles aident bien à décrire des formes racinaires observées, ils ne tiennent pas lorsque l'on cherche à localiser les racines *a priori*.

Puisque les racines d'arbres s'adaptent à leur environnement, une essence pourtant réputée avoir un comportement racinaire donné (pivotant par exemple), peut se développer de manière inattendue en exprimant un autre comportement (traçant par exemple).

L'architecture racinaire dépend principalement des compétences génétiques de l'espèce, de sa plasticité racinaire et du stade de développement de l'individu, l'expression des paramètres génétiques étant modulée par les caractéristiques du sol :

- Dans un sol donné, différentes espèces peuvent montrer des profondeurs et orientations d'enracinements semblables.
- Une espèce donnée peut montrer différentes profondeurs et orientations d'enracinement dans différents milieux.



Trois formes types d'enracinements

Cette typologie ne décrit pas une prédisposition génétique des espèces d'arbres : il s'agit d'un **outil descriptif** de la variation des formes racinaires selon des contraintes du milieu. Ces physionomies peuvent aussi correspondre à **trois stades de développement** du même individu :

- **traçant**, superficiel ou horizontal : un pivot court et des racines horizontales dominantes ;
- **pivotant** ou profond : un pivot prépondérant et des racines horizontales avec des longs pivots secondaires ;
- **fasciculé**, oblique : des racines horizontales, obliques et verticales, sans pivot distinguable.

Ces constats sont fréquents, y compris sur des espèces très courantes en ville : pins, platanes, micocouliers et chênes, par exemple. D'autres espèces montrent des variations de formes racinaires dans un même milieu : frênes, pins et érables, par exemple. D'autres encore démontrent des compétences spécifiques pour s'adapter à des contraintes spécifiques. Chaque espèce d'arbre a ainsi ses propres besoins et ses propres plages de tolérance aux différents paramètres du sol et de l'environnement.



Pins se développant sur deux sols différents : la part pivotante n'est pas la même. En milieu urbain contraint, l'arbre pousse peu et s'adapte aux ressources accessibles. / C. Atger

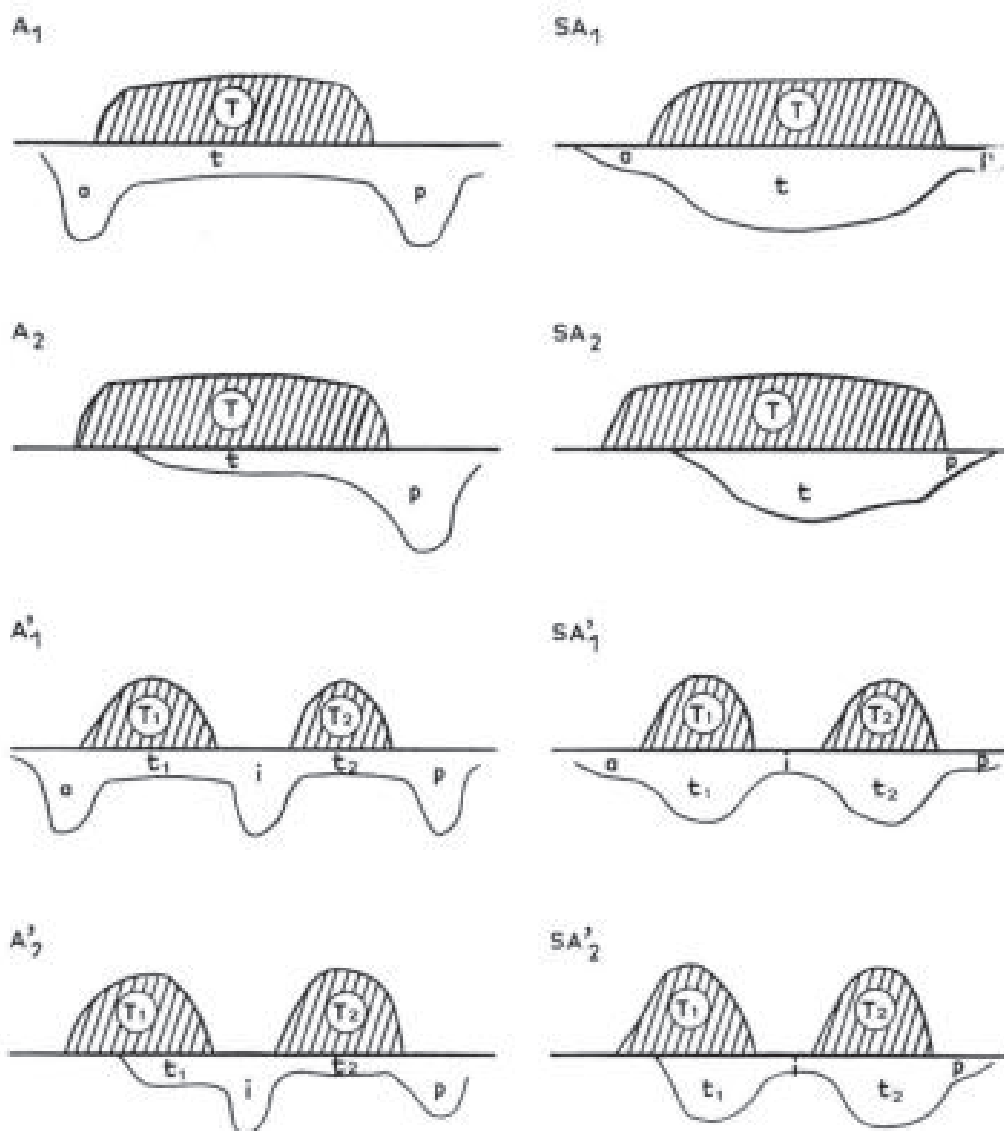
En conséquence, le choix du végétal pour limiter les désordres racinaires ne peut constituer qu'un levier secondaire, subordonné à la relation entre la plante, le sol en place et le reste de son environnement.

Les relations tiges-racines

Tiges et racines font l'arbre. La croissance de chaque partie de la plante dépend des ressources fournies par les autres, et lorsque l'une est touchée, cela affecte l'ensemble. À l'échelle d'une année, les périodes d'allongement des tiges et des racines peuvent être synchrones ou décalées. On distingue

en particulier des plantes chez lesquelles l'allongement racinaire est minimal au moment du débourrement* ou lors des vagues de croissance aérienne. Chez d'autres espèces, l'allongement aérien est synchrone du pic d'activité racinaire, que cet allongement opère en une ou plusieurs vagues. Dit autrement, **le repos apparent d'allongement des tiges n'est pas nécessairement révélateur d'un état de repos racinaire.**

De plus, l'allongement racinaire n'est pas synchrone pour l'ensemble des racines constitutives d'un appareil racinaire. Certaines peuvent être actives quand d'autres sont au repos.



Représentation schématique de l'allongement de la partie aérienne et des racines. Groupe A : caractérisé par l'alternance des vagues de croissance aériennes et souterraines ; groupe SA : caractérisé par leur simultanéité. T : phase d'allongement de la pousse terminale, qui peut être subdivisée en plusieurs phases (T1, T2). / Riedacker A., 1976. Rythmes de croissance et de régénération des racines des végétaux ligneux. Annales des Sciences Forestières, vol. 33, n° 3, p. 109-138.

Une idée reçue postule que tailler une racine maitresse revient à perdre la branche maitresse correspondante, présumant que l'arbre a un fonctionnement compartimenté dans lequel chaque racine pérenne correspondrait à une branche maitresse. Or, **tailler une branche maitresse dégrade la physiologie de l'ensemble de l'arbre** sans forcément induire une mortalité sectorisée. Le système dynamique tiges-racines est piloté par des échanges de ressources, mais aussi de régulateurs de croissance. De ce point de vue, chaque système a un effet rétroactif sur l'autre, et leurs fonctionnements sont interdépendants. Tiges et racines sont étroitement liées, intervenir sur une partie affecte effectivement l'autre, mais les réponses sont très diverses selon l'état d'ensemble du sujet (vigueur et stade de développement).

Vers des pistes d'action

Compte-tenu de l'état des connaissances concernant les racines des arbres, plusieurs pistes d'action se dégagent. **Lorsque l'arbre est préexistant**, des diagnostics de l'arbre entier, des sols et des impacts projetés permettent d'adapter le projet et de choisir les modes opératoires appropriés. En particulier, ils éclairent la prise de décision dès lors que des suppressions d'arbres doivent s'envisager, permettent de trouver des alternatives au cas par cas et d'adapter les protections racinaires si nécessaire. **En création (plantation)**, l'attention se porte sur les volumes de sols accessibles à l'arbre durant sa croissance (qualité, quantité, localisation et continuités). Dans tous les cas, des études spécifiques en amont, la traçabilité et la mémoire des opérations permettront toujours d'optimiser le rapport coûts (risques) / bénéfices.



Pour aller plus loin

- Atger C., 2012. **Racines et systèmes racinaires des arbres : structure et développement**. Plante & Cité, 39 p. www.ressources.plante-et-cite.fr/fiche/90646
- Atger C., 2012. **Le système racinaire des arbres : influence du milieu et de la taille, mécanismes de réponses aux contraintes**. Plante & Cité, 38 p. www.ressources.plante-et-cite.fr/fiche/90647
- Atger C., Caraglio Y., 2023. **Lire l'arbre avant d'agir : une approche architecturale de la plante entière**. Dans Freytet F. (coord.), Salvatoni F. (coord.), **Mémento de l'arboriste. L'arbre, le connaître, l'évaluer** (Copalme, Naturalia publication, vol. II, 749 p.). p. 63-166
- Atger C., Caraglio Y., 2023. **Évaluer l'état ontogénique des Arbres : lire l'Arbre avant d'agir**. Dans Freytet F. (coord.), Salvatoni F. (coord.), **Mémento de l'arboriste. L'arbre, le connaître, l'évaluer** (Copalme, Naturalia publication, vol. II, 749 p.). p. 489-561
- Atger C., Caraglio Y., 2021. **Pour aller plus loin : les méristèmes**. Dans Drenou C. (coord.), **La taille des arbres d'ornement : architecture, anatomie, techniques**. 2 ed. (CNPF, 320 p.). p. 78-83
- Atger C., 2021. **La Taille des Racines**. Dans Drenou C. (coord.), **La taille des arbres d'ornement : architecture, anatomie, techniques**. 2 ed. (CNPF, 320 p.). p. 73-77
- Drenou C., 2006. **Les racines : face cachée des arbres**. CNPF-IDF, 335 p.
- Kutschera L., Lichtenegger E. (s. d.). **Root System Drawings**. Wageningen University & Research [Image Collections]. <https://images.wur.nl/digital/collection/coll13/search/searchterm/wurzelatlas%20mitteleuropaischer%20waldbaume%20und%20straucher/field/subcol/mode/exact/conn/and>

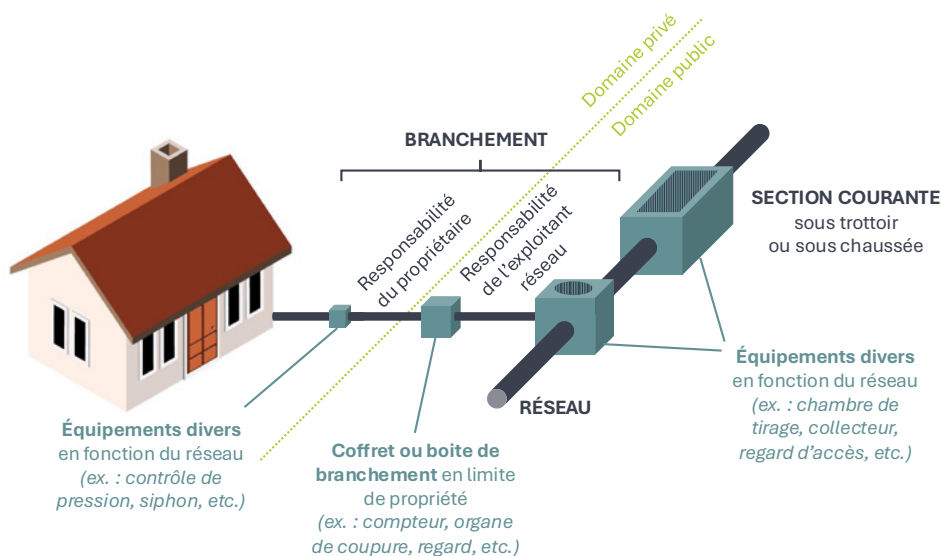
2.3 LES RÉSEAUX ENTERRÉS

Les réseaux enterrés sont nécessaires à nos modes de vie urbains. Connaître leurs spécificités techniques est un prérequis indispensable à leur bonne gestion patrimoniale, ainsi qu'à celle des arbres et des sols qui les entourent. Cette partie apporte les connaissances de base sur les réseaux enterrés, afin de mieux comprendre leur fonctionnement, leur place dans les sols et les contraintes, notamment sécuritaires, qui les accompagnent en phase projet et travaux.

Les différents types de réseaux enterrés et leurs spécificités techniques

Les réseaux techniques sont des ouvrages qui permettent le transport, la distribution et l'évacuation de fluides ou d'énergies. Les différents types de réseaux enterrés peuvent être classés en fonction de la nature de ce qu'ils véhiculent et de leurs caractéristiques mécaniques ou sécuritaires.

Les canalisations sont généralement positionnées sous trottoirs, parallèlement à la voirie, avec des branchements et raccordements orientés perpendiculairement à cette dernière de façon à desservir les bâtiments.



Implantation type d'un réseau enterré en contexte urbain : la section courante est dédiée au transport et le branchement à la desserte. / Plante & Cité ; illustration : Bakar015, Freepik

Réseaux enterrés	Définition et spécificités
Humides	Réseaux de transport et de distribution de fluides : adduction d'eau potable (AEP), assainissement d'EU et/ou d'EP, chaleur ou froid, eaux industrielles et produits chimiques.
Secs	Réseaux de transport et de distribution du gaz, d'hydrocarbures, d'électricité (essentiellement basse-tension et éclairage public) et de télécommunications.
Gravitaires	Caractéristiques des réseaux d' assainissement d'EU et d'EP , les fluides s'écoulent dans la canalisation d'un point haut à un point bas sous l'action de la gravité. La prise en compte de la topographie du site est indispensable. Lorsque le relief est insuffisant, il est possible d'installer localement un surpresseur (ou pompe de relevage) pour refouler les effluents (par exemple vers une station d'épuration ou un cours d'eau naturel).
Sous pression	Réseaux de gaz, d'eau potable, de chaleur ou de froid et parfois d' assainissement. La pression est générée de façon artificielle (surpresseur) ou naturelle (réservoirs surélevés dans les châteaux d'eau potable).
Rigides, semi-rigides	Réseaux dont la gaine est conçue en matériaux rigides (acier, fonte, béton, etc.) pour le transport et la distribution de fluides comme le gaz , les eaux potables , les EU et EP , le chauffage et la climatisation , ou en matériaux semi-rigides (PVC pour les énergies et télécommunications).
Flexibles, souples	Matériaux flexibles (polyéthylène / polyéthylène haute densité [PE/PEHD]) utilisés essentiellement pour les réseaux électriques et les branchements , voire pour certains petits conduits d'eau potable ou de gaz. La souplesse de ces réseaux leur permet de mieux absorber les déformations (tassement de sol et poussée mécanique) sans impacter leur étanchéité, à l'inverse d'un réseau rigide, à plus haut risque de déformation, voire de rupture (notamment au niveau des zones de branchement).
Sensibles	Réseaux dont le contenu les rend sensibles pour la sécurité des biens et des personnes. Ce sont notamment les réseaux de gaz, d'électricité ou de chaleur. Ils sont définis par la réglementation.
Non sensibles	Autres réseaux, notamment la basse tension (BT), les eaux potables, EU, EP et les télécommunications.

Les grandes catégories de réseaux enterrés. / Plante & Cité

L'adduction d'eau potable

Les réseaux d'AEP ont pour fonction de produire (par puisement, captation et traitement), transporter, stocker et distribuer de l'eau potable propre à la consommation humaine.

Ils se distinguent par leur mise **sous pression** : environ 2 à 10 bar en **distribution** et 3 à 20 bar en **transport**.

Matériaux des canalisations	Matériaux des branchements	Équipements de desserte et d'exploitation associés	Diamètre
<ul style="list-style-type: none"> • fonte (grise ou ductile) ; • acier, plomb ; • béton ; • PVC ; • matériaux composites. 	PEHD (noir avec un liseré bleu pour repérer la nature du fluide en cas d'intervention)	<ul style="list-style-type: none"> • robinets ou vannes de coupures ; • organes de vidange, antibélier ; • systèmes de retour de pression ; • installations de comptage, de pompage ; • butées diverses ; • protections cathodiques ; • poteaux et bouches d'incendie ; • affleurants* (grille, avaloir et regard). 	> 300 mm
Certains réseaux anciens ou abandonnés peuvent être composés d'un mélange d'amiante et de ciment, avec des branchements en plomb, matériaux désormais proscrits pour cause de santé publique.			

Caractéristiques techniques des réseaux d'AEP. / Plante & Cité

L'assainissement collectif

L'AC est une compétence communale depuis la loi sur l'eau (1992). Ces réseaux ont pour fonction d'évacuer les **EP** issues des surfaces urbaines imperméables pour limiter les inondations, et les **EU** domestiques ou assimilées (ménagères et vannes) pour leur traitement ultérieur, dans un objectif de protection de la santé, de la salubrité publique et de l'environnement.

L'écoulement est majoritairement **gravitaire**, ou localement aidé de surpresseurs (postes de refoulement). Les effluents EU et EP peuvent être recueillis ensemble dans des réseaux dits **unitaires**, ou distinctement dans des réseaux dits **séparatifs**.

Matériaux des canalisations	Matériaux des branchements	Équipements de desserte et d'exploitation associés	Diamètre
<ul style="list-style-type: none"> • béton centrifugé armé ; • fibrociment ; • grès ; • PVC ; • fonte ductile. 	PEHD (noir avec un liseré marron pour repérer la nature du fluide en cas d'intervention)	<ul style="list-style-type: none"> • cheminées d'aération ; • cheminées de visite ; • branchements d'accès ; • branchements particuliers ; • butées d'ouvrages de refoulement ; • affleurants (grille, avaloir et regard). 	Collecteur, déversoir, branchement : de 125 mm à 1 800 mm ou plus
Certains réseaux anciens ou abandonnés peuvent être composés d'un mélange d'amiante et de ciment, avec des branchements en plomb, matériaux désormais proscrits pour cause de santé publique.			

Caractéristiques techniques des réseaux d'assainissement EU et/ou EP. / Plante & Cité

Le transport de chaleur et de froid

Les réseaux rigides de transport de chaleur (chauffage urbain) et de froid (climatisation des locaux) diffèrent en **température** et **pression** selon le fluide concerné. Les canalisations sont

calorifugées contre les déperditions thermiques : elles sont isolées par une enveloppe de plusieurs centimètres, puis enterrées en pleine terre ou coffrées.

Type de réseau	Nature du fluide	Température	Pression
Réseau de chaleur	Vapeur	105 à 350 °C	0,5 à 50 bar
	Eau surchauffée	120 à 350 °C	12 à 50 bar
	Eau chaude	40 à 120 °C	4 à 20 bar
	Eau en boucle tempérée	12 à 40 °C	1 à 10 bar
Réseau de froid	Eau glacée	2 à 17 °C	4 à 25 bar

Différentes catégories de réseaux thermiques. / Plante & Cité

Matériaux des canalisations	Isolation	Équipements de desserte et d'exploitation associés	Diamètre
Acier	<ul style="list-style-type: none"> • double couche métallique ou polyuréthane puis PEHD ; • caniveau ou galerie technique béton. 	<ul style="list-style-type: none"> • compensateur de dilatation ; • vanne, purge et vidange, etc. 	25 mm à 1 m

Caractéristiques techniques des réseaux thermiques. / Plante & Cité

Ces réseaux sont constitués de deux tubes, dits aller et retour, placés en parallèle (cf. photo 3 ci-dessous) : le tube aller est placé côté habitations pour la distribution, tandis que le tube retour permet d'évacuer l'eau tempérée en sortie. Une couche de sable de 10 à 20 cm de hauteur doit être posée au-dessus et en-dessous de la canalisation pour limiter le risque de dilatation des réseaux de chauffage (cf. photo 4 ci-dessous). Les tronçons principaux (dits structurants) sont positionnés sous la chaussée tandis que les tronçons dits antennes, desservant les abonnés, sont positionnés sous trottoirs ou en espace vert (y

compris par pénétration de parcelles privées). Le linéaire total du réseau comprend en moyenne $\frac{1}{3}$ de tronçons structurants et $\frac{2}{3}$ d'antennes.

Le déploiement de ces réseaux imposants en milieu urbain dense est complexe : les angles de courbure possibles contraignent le tracé du réseau (cf. photo 2 ci-dessous) et leur large diamètre suscite des terrassements importants, parfois associés au dévoiement d'autres réseaux.



Pose d'un réseau de chaleur de diamètre total de 450 mm (200 mm de réseau + 250 mm de protection calorifuge) à Rennes, en 2022. / C. Courtant

Le transport et la distribution de gaz

Les réseaux de transport et de distribution de gaz se classent en cinq catégories, selon la pression du fluide transporté, déterminée par les usages qu'ils desservent.

Catégorie	Pression	Usages
Basse pression (BP)	$\leq 0,05$ bar	Appareils domestiques (petits conduits)
Moyenne pression A (MPA)	$0,05 \text{ bar} < \text{MPA} < 0,4 \text{ bar}$	Branchements desservants les bâtiments
Moyenne pression B (MPB)	$0,4 \text{ bar} < \text{MPB} < 4 \text{ bar}$	Tuyauteries de moindre section
Moyenne pression C (MPC)	$\geq 4 \text{ bar}$	Transport longue distance
Haute pression (HP)	$> 16 \text{ bar}$	Transport très longue distance (régional, gros industriels consommateurs et méthaniers)

Différentes catégories de réseaux de gaz. / Plante & Cité

Matériaux	Enrobage	Équipements de desserte et d'exploitation associés	Diamètre
<ul style="list-style-type: none"> • acier ; • PEHD et liseré jaune (petits conduits). 	<ul style="list-style-type: none"> • brai de houille (risque cancérogène, mutagène et reprotoxique) ; • bitume de pétrole ; • PE. 	<ul style="list-style-type: none"> • branchements collectifs ou particuliers ; • accessoires (prises de branchements, organes de coupure ou prises de purge) ; • postes de détente (diminuer la pression) ; • affleurants (regard, coffret, balise, borne et robinet). 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 à 200 mm ; • 400 mm (HP).

Caractéristiques techniques des réseaux de gaz. / Plante & Cité

La distribution d'électricité souterraine et l'éclairage public

Il existe différents types de réseaux électriques, classés par le législateur par ordre de tension croissante : la **BT** pour la distribution des ménages et petites industries, la **haute tension A (HTA)** pour la distribution ou le transport de gros consommateurs et la **haute tension B (HTB)** pour le transport de l'énergie produite à échelle territoriale. Les réseaux HTA et HTB sont majoritairement aériens car l'enfouissement affecte leurs capacités de transport et de refroidissement et complique les interventions de maintenance, qui sont fréquentes (coût d'excavation). Ce document se concentre sur les réseaux électriques enterrés (BT voire HTA).

Des réseaux électriques dédiés alimentent l'**éclairage public** (candélabres), les dispositifs de signalisation (radars et feux) et de services (borne de recharge électrique, panneaux, parcmètre, etc.). Lorsqu'ils sont enterrés, ils sont enfouis indépendamment des réseaux BT.

La norme* NF C11-201 « Réseaux de distribution publique d'énergie électrique » (1996, en vigueur) comporte notamment un chapitre dédié aux réseaux enterrés. On y trouve les règles de tracé et de pose, de terrassement (dimension des tranchées, découpe des revêtements, exécution de la fouille, aménagement du fond de fouille, pose de fourreaux, etc.), de remblayage* et de réfection des revêtements. Il existe aussi des ouvrages de très basse tension (TBT), soit inférieure à 50 V en courant alternatif et 120 V en courant continu (milieu sec) : ils font l'objet de mesures spécifiques détaillées dans les normes NF C15-100 et NF C18-510.

Le réseau électrique souterrain est accompagné d'émergences régulières (coffrets), souvent encastrées dans les murs des bâtiments. De ce fait, la très grande majorité des réseaux enterrés électriques est située sous trottoirs.

Matériaux	Isolation	Tension moyenne	Équipements de raccordement ou répartition	Diamètre
Câble conducteur (cuivre ou alliage d'aluminium) dans des fourreaux en PE	<ul style="list-style-type: none"> • isolant synthétique ou papier huilé ; • câblette de mise à la terre du neutre. 	<ul style="list-style-type: none"> • BT : 400 V ; • éclairage public : 3 à 6 kV ; • HTA : 10 à 30 kV ; • HTB : 63 ; 90 ; 225 à 400 kV. 	<ul style="list-style-type: none"> • boîtes ; • chambres ; • puits ; • coffrets ; • tampons. 	<ul style="list-style-type: none"> • câbles : 80 à 100 mm ; • branchements : 40 à 50 mm ; • fourreaux : 1,5 à 2 fois le diamètre du câble.

Caractéristiques techniques des réseaux électriques enterrés. / Plante & Cité

Les télécommunications

Les réseaux de télécommunications desservent les services de téléphonie, d'Internet et de télévision. En zones urbaines, ils sont majoritairement enterrés, hormis dans certains quartiers anciens ou ils sont aériens, au même titre qu'en zones rurales.

L'essor du numérique implique le besoin de recourir au très haut débit (> 30 Mbits/s). À cet effet, le plan national Très Haut Débit (THD, 2013) vise à déployer le réseau câblé de fibre optique en remplacement de ceux en cuivre (téléphonie xDSL). L'objectif est de couvrir l'intégralité du territoire en 2025, participant ainsi à la réduction des factures numériques et à l'attractivité des territoires ruraux. Des opérateurs privés fournisseurs d'accès Internet prennent le relai dans les collectivités pour approvisionner leurs abonnés (entreprises, établissements publics et particuliers).

Les contraintes techniques et sécuritaires spécifiques aux différents types de réseaux enterrés

Des réseaux plus ou moins sensibles

L'article R554-2 du Code de l'environnement distingue les réseaux « sensibles pour la sécurité » et les « autres » (couramment dénommés « non sensibles »), déterminant ainsi les exigences en termes de précision de localisation et de précautions à adopter en phase travaux (Guide technique de l'Observatoire National DT-DICT, parties 5 et 6) (cf. 3.2 p. 64).

Les risques encourus et leurs conséquences dépendent de la nature des réseaux (cf. tableau page suivante), mais aussi de leur organisation dans le sol : pose en pleine terre ou colocalisation (caniveau technique et galerie multiréseaux).

Matériaux	Enrobage	Courant continu	Équipements de raccordement ou répartition	Diamètre
Câbles conducteurs (cuivre ou fibre optique) regroupés par paquets dans des gaines PVC	<ul style="list-style-type: none"> • béton ; • fibrociment (réseaux anciens). 	<ul style="list-style-type: none"> • tension moyenne : 48 V ; • intensité moyenne : 60 Ma. 	<ul style="list-style-type: none"> • armoire de sous-répartition ; • chambres de tirage et de raccordement (espacées de 150 à 300 m) ; • conduites multitubulaires (liaison des chambres). 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 mm ; • 80 mm ; • 60 mm ; • 45 mm ; • 28 mm.

Caractéristiques techniques des réseaux télécom enterrés. / Plante & Cité

40% **RÉSEAUX SENSIBLES**

60% **RÉSEAUX NON SENSIBLES**



Ouvrages considérés comme sensibles ou non sensibles pour la sécurité, au sens de l'article R554-2 du Code de l'environnement. / DICTservices.fr

Réseaux	Risques	Conséquences indésirables (accidents ou incidents)	Niveau de gravité	
			en galerie	en réseaux enterrés
Électricité	Échauffement Gaine isolante dégradée	Incendie de gaine de câble	3 ou 5****	3
		Court-circuit	2	2 ou 3
Gaz	Fuite et/ou accumulation de gaz	Explosion de gaz	5**	5
		Incendie de gaz	4	4
		Accumulation de gaz < LIE (*)	2	2 ou 5***
		Anoxie	5	5
Chauffage urbain	Explosion ou éclatement Fuite importante d'eau surchauffée et génération de vapeur	Éclatement de conduite	5	5
		Inondation ou écoulement d'eau	3	3
		Présence de vapeur chaude	3 ou 5****	2
		Atmosphère surchauffée	3	—
Télécommunications		Propagation d'un incendie par les gaines	2	1
Eaux gravitaires (pluviales ou usées)	Fuite d'eau	Écoulement d'eau	1	1
		Inondation	3	3
		Pollution	1	2
Eaux sous pression (potables ou non, chaudes ou glacées)	Fuite d'eau	Écoulement d'eau	1 ou 2	1
		Inondation	3 ou 5****	3

Niveau	Définition	Critères
5	Catastrophique	Pertes en vies humaines ou destruction totale du site
4	Critique	Destruction totale (réseaux et équipements) – Blessures très graves
3	Important	Détérioration (réseaux et équipements) – Blessures graves
2	Significatif	Incidents en cascade – Blessures légères
1	Mineur	Fonctionnement anormal – Inconfort dans le travail

(*) LIE : limite inférieure d'explosivité (pourcentage volumique de gaz dans l'air : 5 % pour le gaz de ville).
LSE : limite supérieure d'explosivité (pourcentage volumique de gaz dans l'air : 15 % pour le gaz de ville).
Il faut considérer, de plus, les possibilités d'inflammation du gaz en dehors de ces limites.
(**) Le risque d'explosion se trouve réduit dans la galerie car la LSE va se trouver rapidement dépassée.
(***) Ces conséquences indésirables se produisent lorsqu'il existe une possibilité de cheminement et d'infiltration de gaz dans des locaux ou des immeubles avoisinants.
(****) Gravité 3 sur le public, 5 sur le personnel en galerie.

Risques, conséquences et niveau de gravité pour les différents types de réseaux. / Guide pratique des galeries multiréseaux – Clé de Sol, 2005

Outre cette définition réglementaire fondée sur les risques associés aux matières transportées, on distingue des **zones plus ou moins sensibles sur le tracé d'un réseau**. Les équipements qui y sont associés, et en particulier les **branchements**, sont plus vulnérables que les sections courantes, du fait de plus petites dimensions, de courbures et soudures potentielles et de matériaux fragilisés par des interventions répétées. Ces équipements doivent être repérés lors du marquage-piquetage* et protégés dans le sol au moyen de dispositifs avertisseurs.

Les réseaux en matériaux **rigides** sont aussi plus sensibles que ceux flexibles, du fait de leur moindre capacité d'absorption des déformations pédologiques (mouvement de terrain et poussée mécanique). Les plus sensibles sont les réseaux anciens construits en matériaux rigides à base de béton, de ciment et d'amiante, tels que les canalisations d'assainissement, plus susceptibles de fissurer ou de casser.

Une autre échelle de susceptibilité peut être considérée en **phase conception** ou avant-projet : certains réseaux rigides de gros diamètre et/ou transportant des fluides sensibles sont plus difficiles à dévier en cas de requalification du projet. Les plus concernés sont les réseaux de gaz, de chaleur et de froid, dont l'encombrement implique d'anticiper un terrassement de large emprise en prenant en compte les angles de courbure.

Enfin, des réseaux peuvent être sensibilisés par la présence d'**aménagement végétalisés** : les racines peuvent déplacer mécaniquement un réseau rigide de faible diamètre (gaz) ou bien envahir un réseau déjà fragilisé ou fissuré (en particulier d'assainissement), occasionnant des dégâts de différentes natures (cf. 3.1 p. 57).

Le signalement des réseaux enterrés

D'après la norme NF P98-332 « Chaussées et dépendances – Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux » (AFNOR, 2005),

chaque type de réseau est repérable par un code couleur qui renseigne sur la nature des fluides ou énergies transportés (cf. tableau ci-dessous). La **gaine** qui entoure le réseau peut être entièrement colorée ou bien gravée d'un ou plusieurs liserés colorés, au même titre que les **équipements** associés (bornes, balises, plaques, ou armoires colorées lorsque leur nature le permet) ainsi que le **dispositif avertisseur***.

Néanmoins, dans le cas des réseaux posés antérieurement à la réglementation et n'ayant pas fait l'objet de réintervention, les dispositifs de protection colorés sont généralement absents : il incombe aux gestionnaires de les rajouter (a minima le grillage avertisseur) à l'occasion de futurs travaux. L'interprétation des affleurants permet aussi de renseigner quant au tracé de ces derniers et de prendre des précautions lors des interventions. Les opérations de **marquage-piquetage** et de **tracé* au sol** suivent ce code couleur normalisé.



Grillage avertisseur violet, spécifique des réseaux de chaleur à Rennes. Pose lors du remblaiement de la tranchée en 2022, à 30 cm au dessus de la canalisation à signaler. / C. Courtant

Nature des réseaux enterrés ou des indications travaux		Code couleur normalisé (NF P98-332)
Réseaux sensibles	Gaz combustible (transport et distribution)	Jaune
	Hydrocarbures (transport)	
	Chauffage et climatisation	Violet
	Eaux industrielles – produits chimiques	Orange
	Électricité BT, HTA, HTB, éclairage public, signalisation routière	Rouge
Réseaux non sensibles	Eaux d'assainissement usées et pluviales	Marron
	Eau potable	Bleu
	Télécommunications, feux tricolores et signalisation routière TBT	Vert
Zones d'emprise multiréseaux et zones de travaux de faible superficie		Rose
Autres indications utiles au chantier, équipements routiers dynamiques		Blanc

Code couleur associé à chaque type de réseau. / Plante & Cité

Les profondeurs et inter-distances

La norme française NF P98-332 fixe les **profondeurs minimales d'enfouissement** des réseaux enterrés ainsi que leurs **inter-distances** avec les autres réseaux enterrés et les plantations, en tracé parallèle et en croisement. En règle générale, les réseaux d'électricité, d'éclairage public et de télécommunications, hors contraintes de proximité avec d'autres réseaux ou plantations, doivent être enfouis à une profondeur minimale de 60 cm, ceux de gaz à 70 cm et ceux d'eaux potables et d'assainissement à 1 m (en raison du risque de gel notamment).

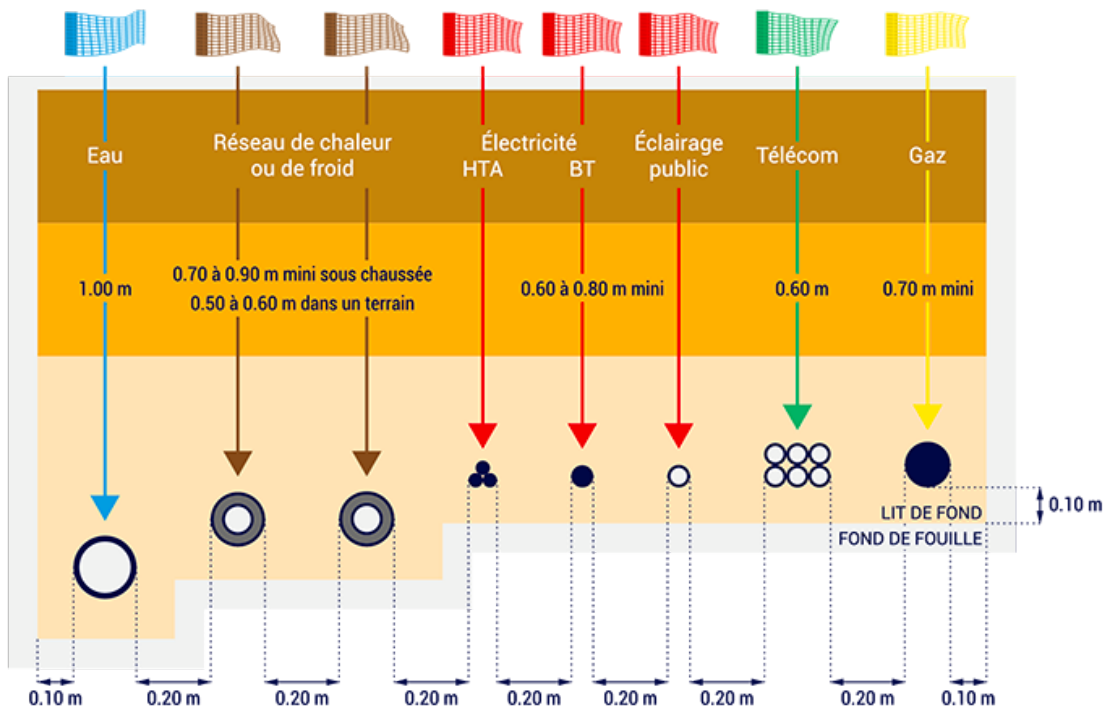
En tracé parallèle comme en croisement, les **inter-distances minimales** des génératrices* extérieures, hors équipements et accessoires, varient généralement de 20 à 60 cm selon la nature des réseaux. Une attention particulière est portée à

leur installation lorsque des réseaux électriques et humides doivent se croiser. De même, les réseaux sensibles requièrent souvent une étude spéciale pour déterminer l'inter-distance minimale de pose, en particulier en contrainte réciproque (ex. : gaz-gaz). Aussi, le **dispositif avertisseur** doit être positionné au-dessus de la **génératrice** supérieure des câbles ou des canalisations à signaler, à une distance de 20 ou 30 cm selon le type de réseau, la nature du fluide transporté et le type d'isolation.

En situation de contrainte réseau-réseau ou réseau-plantation, la profondeur d'enfouissement est rarement considérée comme un levier d'action. L'augmenter générerait en effet des surcoûts (financier et carbone) et des contraintes techniques (blindage des fouilles à partir de 1,30 m de profondeur) souvent rédhibitoires.

Type de réseau		Profondeur minimale hors contrainte	
		Sous trottoirs	Sous chaussées
Électricité BT et HTA (distribution) Éclairage public et équipements routiers dynamiques		60 cm à 80 cm	60 cm à 1,10 m
Télécommunications		50 cm	80 cm
Gaz	Distribution	70 cm	80 cm
	Transport	1 m	
Eaux potables et d'assainissement	Canalisations	1 m	
	Branchements d'assainissement	60 cm	80 cm
Produits chimiques, hydrocarbures		1 m	

Profondeurs minimales d'enfouissement prescrites par la norme NF P98-332. / Plante & Cité



Synthèse des profondeurs et inter-distances usuelles, par type de réseau. / tpdemain, Les règles de distanciation des réseaux

Les risques encourus par les réseaux dans les sols

Les réseaux en terre sont soumis à des **agressions multiples** contre lesquelles ils doivent être protégés et isolés. Ces agressions sont liées à :

- **Leurs propres caractéristiques** : les forces hydrodynamiques, électromagnétiques, de dilatation, de pression, etc., propres à chacun d'entre eux, variables au cours du temps.

- **La proximité de certains réseaux** :

- L'agressivité éventuelle des liquides transportés par d'autres réseaux.
- Les charges abrasives éventuellement transportées par d'autres réseaux.

- **Des contraintes mécaniques** dans les sols, tranchées et remblais* qui les accueillent :

- Leur poids propre et le poids des terres dans lesquelles ils se trouvent, qu'ils reportent sur leurs terrains d'assise et/ou sur les terrains latéraux opposés et qui peuvent varier sur la durée (ex. : constructions nouvelles, stationnements de véhicules lourds, inondation ou sécheresse, etc.).
- Les reports de charges ou de butées mobiles, particulièrement dus à la circulation de poids lourds.
- Les tassements différentiels de terrain d'assise ou d'appuis latéraux, notamment provoqués par des travaux à proximité (décompression des sols voisins et modifications de leurs compositions).
- Les variations de la nappe phréatique, si elle atteint les réseaux, et les variations des compositions de forces provoquées par les poussées d'Archimède qui s'ensuivent.

- **Des variations de l'environnement pédologique** qui les accueille :

- Le développement racinaire opportuniste (2.2 p. 32).
- L'action de bactéries, de rongeurs et de végétaux (lichens, moisissures, etc.).

- L'agressivité chimique éventuelle des terrains (pH non neutre), d'origine naturelle ou provoquée par imprégnation de produits accidentellement déversés.

- La corrosion, par les courants vagabonds notamment. Elle concerne les ouvrages métalliques enterrés, immergés ou bétonnés. Des revêtements protecteurs ou des systèmes de protection cathodiques (cf. encart suivant) peuvent être mis en œuvre.

- Les variations de température : les réseaux de chaleur sont calorifugés, une zone d'enrobage sableuse prévient la dilatation de la canalisation, une profondeur suffisante pour placer le réseau hors-gel est choisie.

- L'infiltration d'eau dans les réseaux électriques (risque de court-circuit) et dans les réseaux d'eau potable (risque de pollution).

- **Des usages et activités humaines** :

- Les chocs d'outils ou d'engins, les arrachages lors de travaux à proximité.
- Les vibrations dues au trafic automobile et les tassements qu'elles provoquent.

Afin de diminuer les risques liés à l'environnement « sol », les réseaux sont enfouis selon des conditions précises : la relation sols-réseaux (tranchées, remblais) est exposée dans la partie 2.1 p. 24. La prévention des dommages liés aux activités humaines a fait l'objet de la réforme « anti-endommagement », qui est exposée dans la partie 3.2 p. 64. Enfin, un cortège de normes et de prescriptions techniques spécifie les positions, protections et conditions de pose de chaque type de réseau. Le texte le plus important vis-à-vis de la cohabitation entre arbres et réseaux est la norme de distanciation entre les réseaux et les plantations évoquée précédemment : NF P98-332 (AFNOR, 2005).

La durée de vie des réseaux

L'ensemble des points exposés précédemment déterminent la durée de vie des réseaux, qu'ils soient enfouis dans les sols ou colocalisés dans des ouvrages dédiés (cf. tableau page suivante).



La protection cathodique

Mobilisée pour les ouvrages métalliques enterrés, immergés ou bétonnés, cette technique anticorrosion est réputée fiable et peu coûteuse. Le monde du gaz est légalement tenu de mettre ses ouvrages sous protection cathodique dès lors qu'ils se trouvent dans le domaine public. Cette technique est aussi utilisée sur de nombreux réseaux transportant de l'eau, même si elle n'est pas généralisée. Une discussion sur la mise en œuvre des déversoirs ou de « champs d'anodes » et leurs conséquences en espaces verts est proposée dans la partie 3.1 p. 54.

Le principe de cette protection est d'envoyer un courant électrique continu dans l'ouvrage, afin d'abaisser son potentiel électrochimique sous un seuil donné, déterminé par la nature du métal et du milieu dans lequel il est plongé.

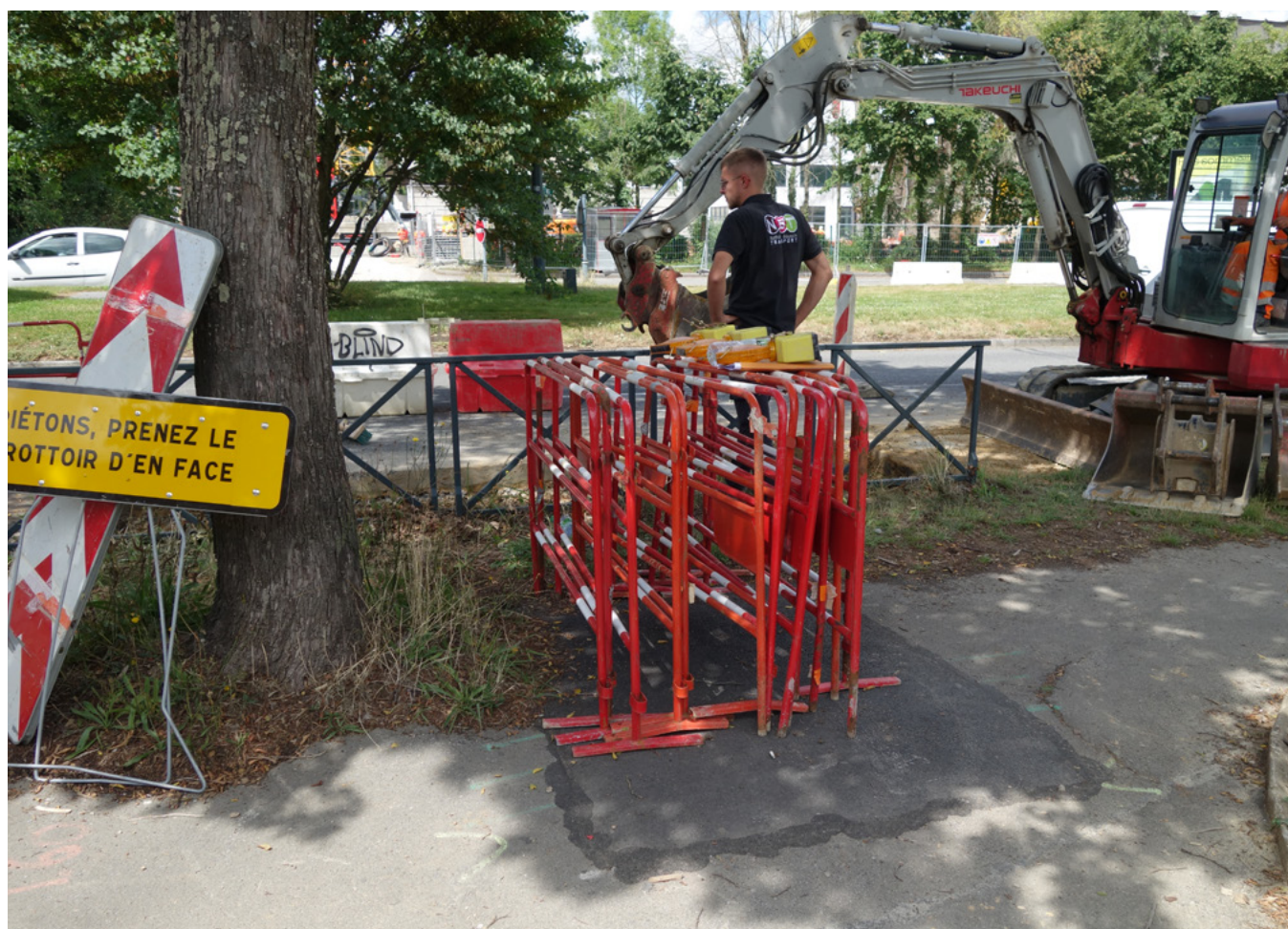
Les anodes sacrificielles ou galvaniques agissent grâce au couplage du métal de l'ouvrage (la cathode) avec des métaux plus électronégatifs (l'anode). Les anodes se présentent sous la forme d'un cylindre de métal à l'intérieur d'un sac de toile de jute rempli d'un mélange régulateur. Leur portée est limitée à quelques dizaines de mètres. Elles sont dimensionnées pour assurer un fonctionnement optimal durant 10 ans.

Le courant imposé. Un seul poste de soutirage peut assurer la protection de plusieurs kilomètres de canalisations. Les anodes enfouies ou immergées ne sont pas systématiquement détruites, contrairement aux anodes galvaniques. Il faut disposer d'une parcelle de terrain proche de l'ouvrage à protéger (entre 50 et 100 m), dans laquelle enterrer le déversoir anodique et une source de courant électrique.

Galeries multiréseaux			Réseaux enfouis
	Réseaux Habitacle (1 ^{re} ligne)	Supports/Attaches/ Suspentes/Chemins de câbles	
Habitacle	70 à 100 ans	Sans objet	Sans objet
Électricité	80-70 ans	50 ans	40 ans
Télécommunications Câble métallique	70 ans	30 ans	40 ans
Télécommunications fibre optique et matériel actif (amplis)	8 ans	50 ans	8 ans
Matériel passif (câble)	40 ans	30 ans	20 ans
Eau	100 ans	50 ans	70 ans
EU (*)	100 ans	50 ans	70 ans
EP (*)	70 à 100 ans	50 ans	70 ans
Chauffage urbain	70 ans	50 ans	35 ans
Gaz	70 ans	50 ans	50 ans

(*) En galerie, si les EP (et/ou EU) sont évacuées par des canalisations, la durée de vie de celles-ci est de 100 ans.
Si elles utilisent une cunette préformée dans le radier de l'habitable, la durée de vie de cette cunette se confond avec celle de l'habitable, soit de 70 à 100 ans.

*Durées de vie probables des différents types de réseaux, selon leur organisation (en galerie ou enterrés).
Les observations ont été menées à Grenoble et Besançon. / D'après le Guide pratique des galeries multiréseaux – Clé de Sol, 2005*



Fouille entreprise pour évaluer les possibilités de cohabitation entre réseaux de chaleur et de gaz, rebouchée à la demande du gestionnaire arboré (raccord d'enrobé sous les barrières), car trop proche d'un arbre sain. Une nouvelle fosse a été ouverte à 2 m du pied d'arbre (arrière-plan). / C. Courtant

Les types d'opérations de gestion des réseaux

Les types d'opérations de gestion des réseaux enterrés sont la **création**, la **surveillance**, la **maintenance**, l'**entretien**, la **réhabilitation** et le cas spécifique des **interventions urgentes**. Toutes ces opérations requièrent la consultation du guichet unique – procédure DT-DICT ou avis de travaux urgents (ATU) – et les habilitations spécifiques (Autorisation d'intervention à proximité de réseaux [AIPR], Certificat d'aptitude au travail en espaces confinés [CATEC], etc.). Les documents contractuels des marchés de travaux précisent les dispositions à appliquer (récépissé DT-DICT, DCE, cahier des clauses techniques particulières [CCTP], etc.).

Les opérations de **création** consistent à implanter un nouveau réseau enterré, de façon isolée ou dans le cadre d'un projet d'aménagement ou de requalification urbaine. La pose est encadrée par les règles spécifiques de la norme NF P98-332, mais aussi par des règles relatives à l'ouverture des tranchées, au remblayage et aux travaux de réfection des sols (NF P98-331 ; guide GTR, IDRRIM & Cerema 2023).

Les opérations de **surveillance, de maintenance et d'entretien** consistent à intervenir sur tout ou portion du linéaire afin de le réparer (fuite, fissure et/ou bouchon). Elles peuvent être réalisées en tranchée ouverte ou via des techniques sans tranchée (ex. : chemisage interne de canalisations d'eau). Les canalisations peuvent être inspectées au préalable par des caméras pour évaluer la nature et l'ampleur des dégâts. Il est également possible de **réhabiliter** des réseaux enterrés abandonnés ou endommagés, notamment par l'usage de techniques sans tranchées qui permettent de tirer un nouveau réseau dans le fourreau existant (ex. : tubage par éclatement des réseaux de gaz). Ces opérations permettent de limiter l'emprise des travaux et les frais engendrés lors des opérations de création. En cas de dégradation ou d'accident sur un réseau enterré (fuite, rupture et/ou explosion), des **travaux urgents** sont permis grâce à la procédure d'ATU (cf. 3.2 p. 72).

Pour conclure, les diverses interventions impliquant des réseaux en milieu urbain soulèvent des problématiques techniques et sécuritaires dans un contexte de sous-sols saturés en réseaux, en racines et en artefacts divers. Les opérations de pose ou de renouvellement de réseaux, ainsi que la prolifération de nouveaux réseaux (fibre et hydrogène), se heurtent aux distances réglementaires et posent la question d'une évolution des normes, voire du développement des ouvrages mutualisés (colocalisation de réseaux). En outre, l'évolution des matériaux plus étanches et isolants, ainsi que des modes opératoires pour créer, réparer, protéger ou réhabiliter des réseaux (ex. : chemisage en polyester renforcé de verre pour isoler les réseaux d'eaux) est un levier d'action essentiel à la pérennité de la fourniture de services techniques, mais aussi à la sécurité des personnes, des biens et des plantations.



Pour aller plus loin

→ AFNOR. (2005). NF P98-332 **Chaussées et dépendances – Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux**.

→ AFNOR. (2020). NF P98-331 **Chaussées et dépendances – Tranchées : Ouverture, remblayage, réfection**.

→ Berlioz, J.-P., Gonthier, C., Girault, C., Ely, L., Hubert, P., Morin, P., Turcan, G., Bento, G., de Roville-aux-Chênes, C., Geng, T., Raynaud, C., Ruau, M., Dumas, C., Baradel, J.-F., Belanger, D., Brissinger, B., Muller, T., Leprince, J.-M., Roynette, D., Triollet, R. (2014). **Travaux de réalisation des réseaux dans le cadre d'un aménagement paysager, Règles professionnelles – Travaux d'aménagement et d'entretien des constructions paysagères**. UNEP. <https://www.lesentreprisesdupaysage.fr/bonnes-pratiques-du-secteur-les-regles-professionnelles/les-regles-parues/c-c-2-r0-travaux-de-realisation-des-reseaux-dans-le-cadre-dun-amenagement-paysager-2>

→ Groupe de recherche Clé de Sol. (2005). **Guide pratique des galeries multiréseaux**. Techni.Cités. <https://side.developpement-durable.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/386342/guide-pratique-des-galeries-multireseaux-cle-de-sol-edition-papier-cdrom?lg=fr-FR>

→ IDRRIM, & Cerema. (2023). **Guide des terrassements des remblais et des couches de forme. Fascicule n° 1 Principes généraux. Fascicule n° 2 Annexes techniques**. <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/guide-terrassements-remblais-couches-forme>

→ Legrand, C. (2013. Mise à jour n° 32 – juin 2023). **Guide technique des aménagements extérieurs. Conception, Exécution, Gestion, Maintenance. Tome 1**. Le Moniteur. <https://www.plante-et-cite.fr/bibliographie/fiche/4254/guide-technique-des-amenagements-exterieurs-conception-execution-gestion-maintenance-tome-1>

→ **Guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux. Fascicule 2 : guide technique – version 3**. Observatoire national DT-DICT, ministère de la Transition écologique et solidaire, 2024. <https://www.reseaux-et-canalisation.ineris.fr/gu-presentacion/construire-sans-detruire/guide-dapplication-de-la-reglementation.html>

→ **Mettre en œuvre la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux: Fiches pratiques à l'usage des maitres d'ouvrage**. (2019. Mise à jour en 2022). Observatoire National DT-DICT de Bourgogne Franche Comté et OPPBTP. Service Prévention BTP. https://www.preventionbtp.fr/ressources/documentation/ouvrage/mettre-en-oeuvre-la-reglementation-relative-aux-travaux-a-proximite-des-reseaux-fiches-pratiques-a-l-usage-des-maitres-d-ouvrage_54f25qN2jK4BQL5hya6Qqn

Les sols urbains, sièges des relations sols-plantes et sols-réseaux

- Les sols urbains (anthropisés ou pseudo-naturels) sont des **milieux complexes et hétérogènes**, ce qui **complexifie l'enracinement** des arbres. La relation sol-plante est déterminante dans la vie de l'arbre : son développement et sa tenue mécanique dépendent grandement des caractéristiques des sols environnants.
- La **nature du sol** en place peut influencer dans certains cas sur le choix du tracé des réseaux, et détermine les matériaux de lit de pose et de remblai. Le système sol-tranchée qui accueille les réseaux doit être **stable et porteur**, mais aussi **isolant** vis-à-vis des fluctuations de température et d'humidité.
- **La connaissance des sols** est ainsi déterminante dans la cohabitation arbres-réseaux.

Les systèmes racinaires des arbres

- Le système racinaire est un **réseau souterrain ultrasensible, vivant par sa périphérie**. La racine ancre la plante au sol, conduit les sèves, stocke les réserves. Seul son **apex** perçoit les propriétés du milieu, absorbe les **ressources vitales** (air, eau, minéraux) et s'allonge : le priver de ces ressources permet de l'exclure des volumes de sols dédiés aux réseaux.
- **Le système racinaire grandit jusqu'à la mort de l'arbre**. Il présente une certaine plasticité à l'environnement : ses racines se déploient selon les ressources et contraintes que leurs extrémités rencontrent. Cependant, **toutes les espèces ne réagissent pas de la même manière** aux contraintes : il peut y avoir blocage ou, à l'opposé, libre croissance, mais aussi compensation. Parce que chaque espèce voit sa forme modulée par sa sensibilité propre au milieu sol, les tentatives de les classer par **les formes racinaires ne résistent pas à l'épreuve du terrain**.
- Les racines pérennes sont les plus tardives car les plus coûteuses à installer par l'arbre. **Plus il est développé, moins il est résilient aux dégâts racinaires**. Parce que les racines ne portent pas de bourgeons, la **taille ne rajeunit pas** le système racinaire, à l'encontre d'idées reçues, mais elle provoque à l'inverse son vieillissement prématuré, obérant ses capacités de régénération.

Les réseaux enterrés

- Les réseaux techniques sont des ouvrages qui permettent **le transport, la distribution et l'évacuation de fluides ou d'énergies**. Leurs matériaux, température et pression varient en fonction de leur type et de leur âge.
- En zones urbaines, les **réseaux enterrés principaux** concernent l'AEP, l'AC, le transport de chaleur et de froid, la distribution de gaz et d'électricité, les télécommunications. Les contraintes structurelles et sécuritaires qui les accompagnent dépendent de leur nature : souples ou rigides, secs ou humides, gravitaires ou sous pression, sensibles ou non.
- Enfouis, ils doivent être protégés de **différents types d'agressions**, dues aux forces qui les habitent, aux variations des conditions de sols (dont le développement des racines d'arbres) et aux activités humaines en surface. Plusieurs **normes françaises** et **prescriptions techniques** spécifient les positions, protections et conditions de pose de chaque type de réseau.



CHAPITRE 3

Cohabitation

Fouilles précautionneuses au pied de platanes remarquables à l'aide d'une aspiratrice-excavatrice, dans les premières phases de réaménagement d'une place. / C. Courtant

3.1 COMPÉTITION, DÉGATS RÉCIPROQUES : les causes et conséquences des cohabitations problématiques

Les situations de cohabitation problématique entre arbres et réseaux enterrés sont variées, et leurs conséquences parfois lourdes et irréversibles. Il importe donc d'identifier la nature des problèmes rencontrés, ainsi que leurs déterminants, afin de limiter les dégâts et de pouvoir les anticiper aux différentes échelles spatiales, temporelles et humaines.

Les différentes situations de cohabitation problématique

On distingue différents types de situations potentiellement problématiques à l'interface arbres-réseaux enterrés. Chacun a des contraintes propres, induites par l'existant (végétation, réseaux enterrés / aériens, bâti et voies de circulation) et par les objectifs attendus :

- Les projets d'aménagement :
 - **les requalifications** urbaines qui nécessitent de prendre en compte l'existant ;
 - **les nouveaux projets**, ouvrant à une plus grande liberté de conception (par exemple lors de la création d'une ZAC).
- Les chantiers courants :
 - **les interventions liées au patrimoine arboré** à proximité de réseaux enterrés existants : plantations, abattages et essouchages (risques d'enchevêtrement et de rupture de services) ;
 - **les interventions liées aux réseaux enterrés** à proximité d'arbres existants : pose ou renouvellement, entretien et réparation urgente ou programmée.

Un conflit de cohabitation entre racines et réseaux peut ainsi se manifester aux différentes phases d'un projet. D'après l'enquête RESEAUX, il **survient le plus fréquemment en phase travaux**, qu'ils soient planifiés ou urgents et qu'ils concernent les arbres ou les réseaux. Néanmoins, il peut également se rencontrer **en phase études-conception**, ce qui signifie que le problème peut alors être anticipé. Les dégâts dus au développement des racines s'observent en revanche plusieurs années ou dizaines d'années après la plantation.

La voirie, siège de la cohabitation arbres-réseaux

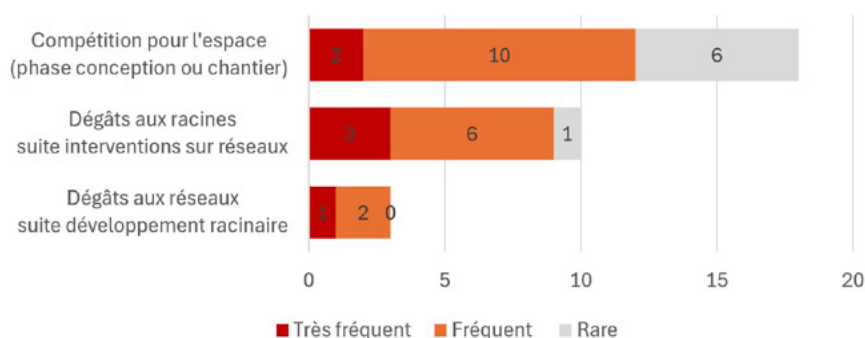
La place des arbres dans des espaces de voirie en perpétuelle évolution

L'enquête RESEAUX a montré que la majorité des conflits de cohabitation sont observés en contexte de **voiries urbaines**. Si au début du XX^e siècle le Code de la voirie définissait une voirie urbaine uniquement par son objectif de circulation routière, l'espace public de voirie est aujourd'hui le **support de nombreux usages**, par la densification et l'intensification urbaines : transports motorisés, mobilités douces, plantations participant au cadre paysager, usages économiques et sociaux. Leur superposition oblige à préparer chaque intervention avec précision pour éviter dégâts et nuisances.

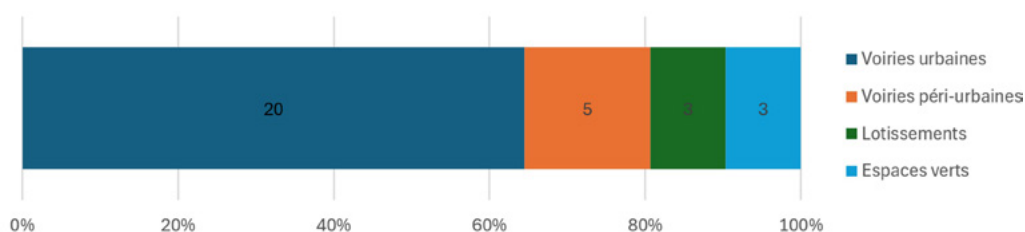
Les nombreux intérêts des plantations d'accompagnement de voirie (ombrage et insonorisation pour le confort des usagers, vitesse régulée par l'effet de cadrage de la circulation, meilleure concentration et limitation de l'éblouissement) sont aujourd'hui juridiquement reconnus (protection des allées d'arbres, droit des occupants et intérêt du domaine occupé, cf. 3.2 p. 66). Dans un objectif de sécurité routière, certaines collectivités mettent en place des plans d'action en faveur de l'intégration paysagère des abords de voiries départementales et communales. Cela passe par un travail de végétalisation et par la gestion raisonnée de la strate arborée.

La délicate reprise d'aménagements antérieurs à la réglementation

La norme* NF P98-332 de distanciation entre les arbres et les réseaux datant de 2005, les précautions d'implantation (géométrie et protections) étaient auparavant minimes, voire inexistantes. Mais quelles en sont les conséquences sur l'occurrence actuelle des problèmes de cohabitation arbres-réseaux ? Observe-t-on, 20 ans après, des liens de cause à effet entre l'application ou non de cette norme et l'occurrence de dégâts racinaires aux réseaux ? Il est malheureusement souvent difficile d'identifier la source d'un dommage, principalement en raison du manque d'archivage des données liées aux projets et aux travaux, d'où l'importance de bien identifier la nature des problèmes rencontrés ainsi que leurs déterminants.



Nature et fréquence des problèmes de cohabitation arbres-réseaux (données issues de l'enquête RESEAUX, 32 réponses, 2022). / Plante & Cité



Environnement des problèmes de cohabitation arbres-réseaux (données issues de l'enquête RESEAUX, 31 réponses, 2022). / Plante & Cité

Dans tous les cas, cette évolution réglementaire, bien que bénéfique pour la sécurité des ouvrages, pose un défi pour la conservation des arbres d'accompagnement de voirie. En effet, en cas de suppression d'arbres, il est souvent impossible de replanter à l'identique tout en respectant la norme. Dans ce contexte, **deux pistes d'action** se dégagent : l'adaptation de la **réglementation locale** et des procédures internes, et la recherche de solutions techniques pour **concevoir des plantations en espaces contraints**.

Quelques situations hors contexte de voirie

D'autres espaces que la voirie sont concernés par la pose et l'exploitation de réseaux enterrés, et donc par de potentiels problèmes de cohabitation, tels que les zones résidentielles, industrielles, et notamment les parcs et jardins, qui

concentrent la préoccupation de préservation du patrimoine végétal planté et naturel. On y retrouve globalement les mêmes problématiques qu'en voirie :

- vulnérabilité des sols, du patrimoine vert et en particulier des éventuels arbres présents face aux **terrassements** en phase travaux ;
- adaptation **des tracés et modes opératoires** par les gestionnaires d'infrastructures pour répondre aux attentes de préservation des gestionnaires publics ;
- prise en compte par les gestionnaires publics de la **présence des réseaux** et équipements associés dans les sols lors de la mise en œuvre de **travaux paysagers** et des **projets de plantation**.



Une méthode raisonnée de conservation des arbres de voirie en Wallonie

L'enjeu de conservation et de développement du patrimoine arboré en abords de voirie est partagé à l'international, et notamment en Belgique par le Service public de Wallonie – Mobilité et Infrastructures. La circulaire ministérielle du 19 avril 2019, relative à la gestion des espaces paysagers présents sur le domaine des infrastructures régionales, intègre dans son Guide d'application n° 5 une **Méthode raisonnée de conservation des arbres de voirie**. Dans le cadre de projets d'investissement ayant un impact sur les arbres, cet outil d'aide à la décision accompagne la Direction territoriale dans le choix le plus approprié de traitement des arbres, sur des tronçons routiers homogènes prédéfinis.

Son utilisation est permise grâce à la coordination de la Direction des études environnementales et paysagères et la Direction des déplacements doux et de la sécurité des aménagements de voiries. La méthode se base sur l'évaluation de deux indicateurs : **l'apport paysager, environnemental et culturel** et l'évaluation du **risque de sécurité routière** (caractéristiques de la route, trafic, vitesse pratiquée, accidentologie, distance arbres-route, etc.). Selon la valeur des indicateurs, une **matrice décisionnelle** pointe vers un choix de traitement des arbres (conservation, isolement, déplacement sur site ou hors-site, ou suppression) qui est ensuite proposé lors des réunions de projets préalables au dépôt du permis d'urbanisme et/ou à la Commission provinciale de sécurité routière.



Pose d'un déversoir dans la commune de Le Coudray pour protéger un ouvrage de transport de gaz (hors champ). Le dispositif est constitué d'anodes posées à l'horizontale. Les fourreaux rouges contiennent les câbles de connexion. / GRDF

Cependant, elles s'expriment de manière quelque peu différente. En effet, les fonctions liées au caractère végétalisé de ces espaces sont généralement défendues plus durement par les collectivités : ils bénéficient parfois de zonages d'urbanisme favorables à leur préservation (ex. : espaces boisés classés [EBC], cf. 3.2. p. 66) et d'une attention particulière de la part des habitants et des élus. En outre, l'occupation du sous-sol y est moins dense, aussi les marges de manœuvre en termes de choix des tracés et des modes d'intervention y sont plus importantes.

Il est présenté, ci-dessous, deux situations de cohabitation problématique entre patrimoine vert et réseaux enterrés, spécifiques aux parcs et jardins.

Les « champs d'anodes » pour la protection des ouvrages métalliques

Une **protection cathodique anticorrosion** est notamment employée pour les canalisations fortes, en acier (principe : cf. 2.3 p. 47), et mise en place dans des terrains faciles d'accès. Des rails métalliques ou des anodes sont noyés dans le sol, à la verticale, via des forages de faible diamètre (ex. : 15 cm pour 2-3 m de profondeur), ou à l'horizontale (ex. : tranchée d'1 m de large pour 1,20 m de profondeur). Le dispositif complet occupe jusqu'à plusieurs centaines de mètres carrés et peut comporter des regards et ouvrages accessoires. Des tranchées de faible largeur (env. 30 cm) contiennent les câbles qui relient les anodes entre elles et les connectent à l'ouvrage à protéger.

La mise en place d'un tel dispositif repose sur une **convention d'occupation du domaine public**, spécifiant les caractéristiques des ouvrages, des travaux et des terrains concernés. Les engagements de l'occupant y sont exposés : mesures de préservation du milieu naturel et des personnes, remise en état après travaux, redevance éventuelle et délais de prévenance en cas d'intervention (hors urgence – ATU). Les engagements du propriétaire public y figurent également : aucune modification du profil de terrain, limitation des travaux paysagers à une certaine altimétrie (pas de fouille en deçà d'un seuil préalablement fixé, ex. : 0,80 m) et limitation éventuelle des types de plantation aux abords du dispositif.

Les anodes restent en place jusqu'à usure (10 à 20 ans). Bien qu'il soit préférable que les opérations de renouvellement soient anticipées et discutées, et malgré l'existence de conventions, l'expérience montre que le gestionnaire public

n'en est pas toujours informé. Par ailleurs, cette opération ne fait pas toujours l'objet de déclarations préalables (DT-DICT). Ainsi, l'emplacement d'un dispositif de ce type situé dans un EBC de Nancy a fait l'objet de négociations lors de son renouvellement. Ces dispositifs ne peuvent pas être renouvelés sur la même emprise, mais doivent être déplacés à proximité.

Le passage de réseaux de transport d'énergies

Ces réseaux (électricité, gaz) sont beaucoup moins fréquents dans les zones urbaines. Ils les traversent pourtant ponctuellement, et nécessitent une attention particulière du fait de leur **caractère critique pour la sécurité et l'approvisionnement** en énergies. Notamment, les servitudes* qui les accompagnent diffèrent de celles des réseaux de distribution (cf. 3.2 p. 68). En termes de cohabitation avec les plantations, c'est la sécurité qui prime et donc la stricte application des règles de distanciation et de protection des réseaux. Ces derniers ne rentrent par exemple pas dans le périmètre des protocoles locaux de cohabitation, négociés par certaines collectivités (cf. 3.2 p. 69).

Les parcs et jardins sont parfois traversés par des réseaux enterrés de transport d'électricité ou de gaz. Du fait du faible encombrement des sols dans ces espaces verts, la mise en œuvre des techniques sans tranchées y est plus aisée qu'en contexte de voirie. La pose d'une ligne en moyenne tension dans le parc de la Pépinière de Nancy en est une illustration.

La nature des dégâts rencontrés

Une compétition pour l'espace en amont des projets

En phase conception d'ouvrages paysagers ou VRD, des tensions peuvent survenir sur la possibilité de planter et/ou sur le tracé des réseaux enterrés.

En cas de trop grand encombrement du sous-sol, la tentation est grande de rogner sur les volumes dédiés aux arbres en réduisant le **volume des fosses de plantation**. Un développement racinaire contrarié par des sols trop contraints (quantité accessible et qualité) conduit souvent à une issue néfaste (cf. 2.1 p. 23) : dépérissement de l'arbre après quelques années, faute de nouvelles ressources accessibles pour se nourrir ; défaut d'ancrage et basculement ; désordres racinaires.



Pins parasols contraints par des fosses en béton et qui ont généré des désordres racinaires importants. Les racines, ne pouvant pas s'échapper par le bas, ont tourné dans la fosse (chignonage et étranglement) et sont sorties par le haut, sous le revêtement. / D. Chevet, ONF Vegetis

Une autre option est celle du **dévolement** des réseaux présents ou de l'allongement du tracé des réseaux neufs pour contourner les plantations. Le coût économique et environnemental de ces scénarios doit être soigneusement pesé en phase avant-projet, en application de la séquence éviter, réduire, compenser (ERC). Pour illustrer cela, GRDF a mené une analyse de cycle de vie de la pose de 100 m de réseau en zone urbaine. Les principaux impacts environnementaux identifiés par l'étude sont les suivants :

- quantité de déblais et remblais* : 30 t ;
- consommation de carburants : 100 L ;
- sablage : deux semi-remorques ;
- impact en équivalent carbone : 5,4 t CO₂e, soit 25 000 km en voiture thermique.

Certains gestionnaires ont mis en place des protocoles spécifiques visant à adapter la norme NF P98-332 de distanciation entre plantations et réseaux enterrés (cf. 3.2 p. 69), de sorte à réduire les inter-distances prescrites par cette norme, et même à **planter au-dessus des réseaux**. Dans ce cas, une grande vigilance est de mise afin d'anticiper les réinterventions ultérieures et de permettre une exploitation sûre du réseau.

Des dégâts aux arbres en phase chantier

Les dégâts potentiels sont multiples en phase chantier. Une **taille déraisonnée** du houppier pour permettre la circulation d'engins volumineux peut réduire la capacité photosynthétique de l'arbre et ouvrir la porte aux pathogènes. Les troncs peuvent également être blessés par des **chocs**, ce qui affecte le transport de la sève en plus de créer une nouvelle porte d'entrée aux agents infectieux.

Les racines peuvent subir des **altérations directes** : sectionnement, arrachage, écrasement et déchaussement. La **coupe d'une partie des racines** lors de la création d'une tranchée, dégât racinaire le plus fréquent, peut avoir de lourdes conséquences pour l'arbre (cf. 2.2 p. 33). De nombreux cas d'infection au **chancre coloré** ont notamment été constatés à l'issue de travaux mis en œuvre sans précaution dans l'environnement immédiat des platanes.

Les altérations peuvent également être **indirectes**, via la modification de l'environnement de l'arbre : tassement, remblais, engorgement, pollution chimique, exposition au stress hydrique et dessèchement ou gel des racines mises à nu. L'utilisation de matériaux de **remblai non colonisables par les racines** peut entraîner une diminution du volume de sol fertile qui leur est accessible, puisqu'elles ne peuvent alors plus accéder aux sols situés au-delà de la tranchée. Également, les passages d'engins **compactent les sols**, ce qui affecte la respiration de tous les organismes du sol, racines comprises. De manière générale, toute action modifiant profondément les conditions de vie des racines engage la survie de l'arbre et majore les risques de dégâts (soulèvement de revêtements, chutes de branches ou basculement de l'arbre).

Certaines racines peuvent affleurer au niveau du sol, voire être aériennes. Pour cette raison, **aucun seuil de hauteur ou de profondeur ne peut être recommandé** concernant les mouvements de sols, décaissements, passages d'engins ou autres actions susceptibles d'altérer ces racines superficielles.

Les modes opératoires et les périmètres de protection doivent être **adaptés au cas par cas**.



Dépôt de matériaux en pied d'arbre lors d'un chantier. / F. Freydet



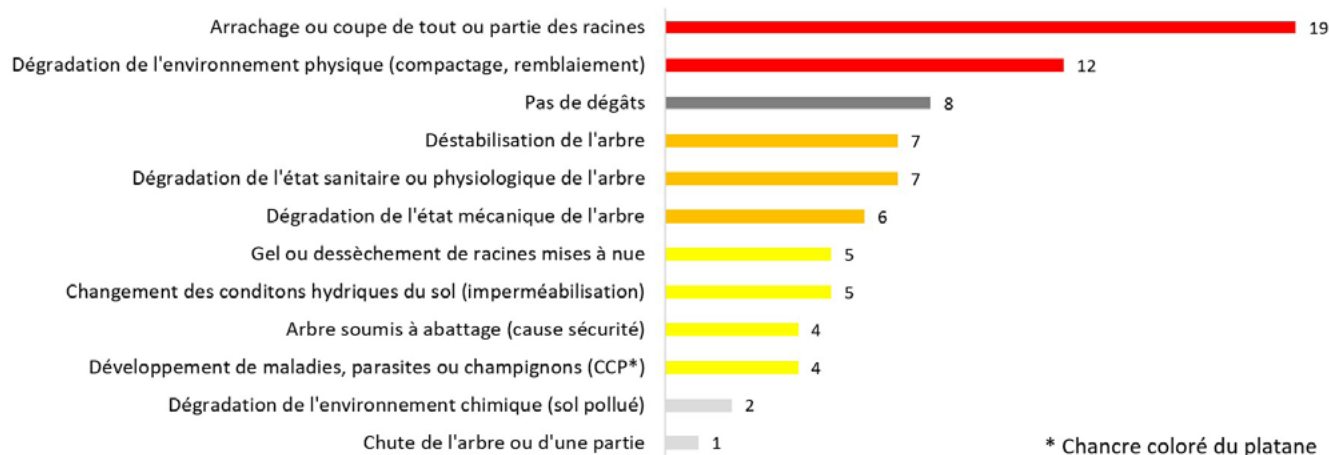
Ouverture de tranchée réalisée à proximité d'un alignement d'arbres de voirie, dans la zone de sensibilité racinaire. Chevelu racinaire impacté par le terrassement. / A. Guyot



Racines arrachées à l'occasion d'un terrassement sur chantier VRD. / G. Bernard

Localisation	Type d'événement susceptible de survenir durant des travaux	Conséquences sur l'arbre	Risques humains et environnementaux
Racines et sols	Ouverture de tranchée • Décaissement (implantation d'un réseau enterré, fouille, etc.)	Suppression de substrat → Risque de blessures / amputations des racines et de destruction du chevelu racinaire → Pas de repousse de racines coupées, possible formation de rejets selon le diamètre minimal coupé (< 5 cm) → Sensibilité aux agents infectieux, pathogènes et fongiques → Diminution des fonctions d'absorption et de réserve → Altération de la stabilité de l'arbre	<p>Risque de casse ou de chute, partielle ou totale (basculement de l'arbre) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • perturbation de la voirie et danger pour les usagers ; • rupture de la fourniture de services écosystémiques rendus par l'arbre ; • engagement de frais de réparation des dégâts : entretien, surveillance, replantation et pénalité financière.
	Passage de véhicules ou d'engins lourds • Stockage de matériels ou de matériaux en pied d'arbre • Remblaiement définitif	Modification des caractéristiques physiques du sol (compactage) → Risque d'asphyxie	
	Racines mises à nu et non protégées durant une trop longue période	Risque de dessèchement, de brûlure (soleil), de gel et de perte d'une partie des racines	
	Apport de matériel acidifiant ou alcalinisant en pied d'arbre (ex. : revêtement de sol minéral concassé)	Modification des caractéristiques chimiques du sol (diminution de l'activité trophique et des cycles des éléments minéraux, perturbation de la vie symbiotique) → Risque de toxicité	
	Stockage de produits chimiques • Écoulement d'eaux polluées	Pollution du sol (diminution de l'activité trophique et des cycles des éléments minéraux, perturbation de la vie symbiotique) → Risque de toxicité	
	Détournement d'un cours d'eau • Remblaiement d'une mare proche de l'arbre • Drainage • Pompage d'une nappe phréatique • Accumulation d'eau / inondation • Imperméabilisation du pied d'arbre	Modification du régime hydrique du sol → Risques de stress hydrique ou d'asphyxie	
Tronc	Dégradation accidentelle (passage d'engin à proximité) ou volontaire (vandalisme) • Écorçage • Feu à proximité (brûlure) • Écrasement dû à un choc • Plaie (sciage, abrasion, perforation, etc.) • Incrustations (clous, vis, etc.)	Risque structurel, sanitaire et esthétique → Engage la survie de l'arbre	
Houppier	Dégradation accidentelle (passage d'engin à proximité) ou volontaire (vandalisme) • Arrachage • Casse • Écorçage • Coupe abusive sans l'accord du propriétaire ou gestionnaire • Feu à proximité (brûlure) • Incrustations (clous, vis, etc.)	Risque de dégradation de l'état mécanique, physiologique et sanitaire de l'arbre	
	Pose d'un câble ou assimilé, oublié après le chantier (non retiré)	Branche strangulée → Risque de rupture et dégradation de l'état mécanique	
Arbre entier	Collision, arrachage → arbre tombé / déraciné Abattage (illicite) → arbre coupé / abattu	Mort de l'arbre	
	Collision → inclinaison de tronc, arbre penché ou déstabilisé	Arbre potentiellement perdu. Peut être soit maintenu incliné, soit redressé	
	Suppression d'arbres ou de bâtiments voisins → Arbre brutalement isolé	Arbre soumis à de nouvelles conditions environnementales, potentiellement fatales : Vent → Risque de rupture Exposition au soleil → Risque de brûlure	

Différents types de dégâts aux arbres susceptibles de survenir durant des travaux et leurs conséquences. / Plante & Cité



Fréquence des dégâts occasionnés aux arbres et à leurs racines (données issues de l'enquête RESEAUX, 80 réponses, 2022). / Plante & Cité

Des dégâts aux réseaux, aux équipements associés et aux zones de remblai

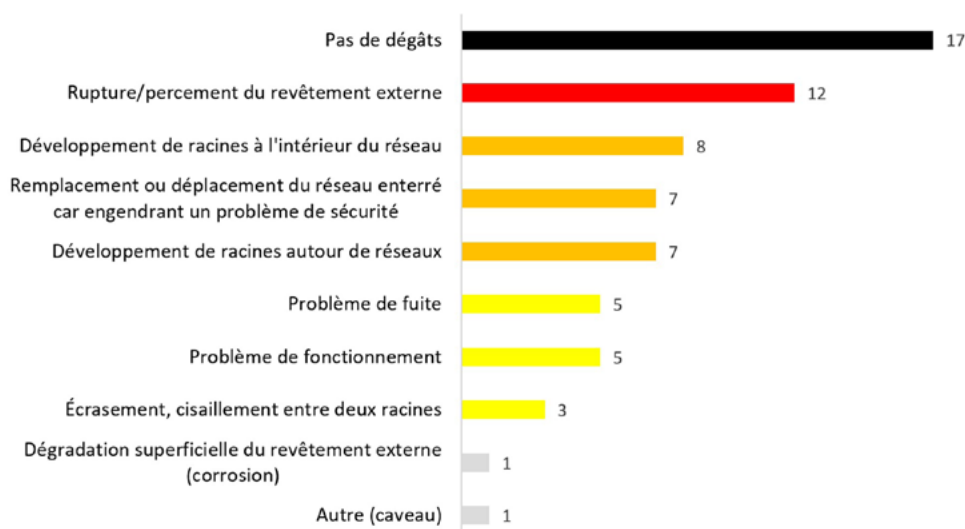
Les fouilles montrent régulièrement que les racines colonisent les tranchées sableuses de remblaiement des réseaux, le sable créant un environnement frais et humide favorable à la croissance racinaire. Bien que ce ne soit pas systématiquement le cas, les racines peuvent être à l'origine de **différents types de désordres, voire de dégâts**, aux infrastructures réseaux.

Les racines peuvent s'enrouler autour des canalisations en les utilisant comme tuteurs, jusqu'à **écraser ou cisailer le réseau** lorsqu'elles gagnent en diamètre. Elles peuvent également exercer une pression mécanique sur le lit de pose ou sur la gaine en grandissant, risquant de **déplacer les ouvrages** et d'occasionner des ruptures des réseaux rigides, notamment au niveau des jointures.

Les **réseaux humides EP et EU** sont les plus fragiles vis-à-vis des invasions racinaires, du fait de leur nature gravitaire et de leurs matériaux rigides parfois anciens (béton et ciment), dont l'étanchéité peut être fragilisée par les mouvements de terrain. Les racines peuvent **pénétrer la canalisation** au niveau de fissures et/ou de joints devenus poreux (branchements et regards), puis **envahir les ouvrages jusqu'à les boucher**, voire jusqu'à les faire éclater. La présence de racines peut également gêner le bon fonctionnement des chambres à vannes et des postes de relevage. En cela, l'application des règles usuelles de distanciation et de protection est particulièrement importante pour ces réseaux.

Des cas ont également été rapportés sur des **réseaux souples et secs** d'éclairage public et de signalisation routière (électricité BT). Dans certaines situations, des milieux humides peuvent se former dans ces réseaux : lorsque les joints perdent leur étanchéité ou en cas de jonction par pièces d'emboîtement sans soudures. Également, en cas de fortes pluies, l'eau peut envahir les regards et pénétrer dans les fourreaux qui ne se vident pas ensuite. La présence d'eau en elle-même ne gêne pas le bon fonctionnement du réseau, mais les forces de friction peuvent rompre la gaine et ouvrir la porte aux racines. Une fois ces milieux humides colonisés et lorsqu'elles croissent en diamètre, **les racines compriment la gaine** et la brisent, et il devient alors impossible d'y repasser un câble. Les chambres peuvent aussi être tapissées de chevelu racinaire obstruant les ventilations, ce qui peut présenter un danger pour les agents.

À moins de pouvoir contrôler régulièrement l'intégrité des canalisations vis-à-vis de la prospection racinaire, **les dégâts aux réseaux surviennent sur le long terme** et sont identifiés par la perturbation ou la rupture de service, avec des conséquences plus ou moins dangereuses selon la sensibilité du réseau concerné. Il arrive aussi de découvrir des problèmes de cohabitation à l'occasion de travaux de maintenance réseau ou de gestion des arbres. Les canalisations peuvent être tordues ou prises dans les racines, ce qui peut compliquer les interventions, notamment en cas d'essouchage (risque d'arrachage du réseau).



Fréquence des dégâts observés sur les réseaux enterrés à proximité d'arbres (données issues de l'enquête RESEAUX, 65 réponses, 2022). / Plante & Cité

Localisation	Type de dégâts lié au fonctionnement des racines	Conséquence directe sur le réseau	Risques humains et environnementaux
Milieus devenus humides (matériaux vétustes, joints ou soudures absents, regards suite à de fortes pluies)	Développement et invasion racinaire	Obstruction du réseau, bouchon, éclatement → Risques de fuite et explosion	<ul style="list-style-type: none"> • déversement de polluants en site inapproprié (EU non traitées dans les cours d'eaux naturels et risque de virus) ; • court-circuit ; • incendie ; • rupture de la fourniture de services techniques.
Réseaux rigides de distribution (gaz essentiellement)	Développement racinaire autour du réseau	Constriction du réseau → Risques de rupture, fuite et explosion	
Tranchée de remblai sableux (milieu humide par condensation)	Développement racinaire au droit du réseau	Décalage du réseau (force mécanique de racines de gros diamètre) → Risques de rupture, fuite et explosion	
Réseaux souples et secs de fin diamètre	Abattage / essouchage	Enchevêtrement → Risques de rupture	
Cas isolé : distribution de gaz en acier	Exsudats racinaires	Dégradation chimique des revêtements → Risques de fissure et fuite	

Différents types de dégâts aux réseaux pouvant être induits par des racines, et leurs conséquences. / Plante & Cité

Une opération d'essouchage auprès d'un réseau de gaz non protégé à Tourcoing

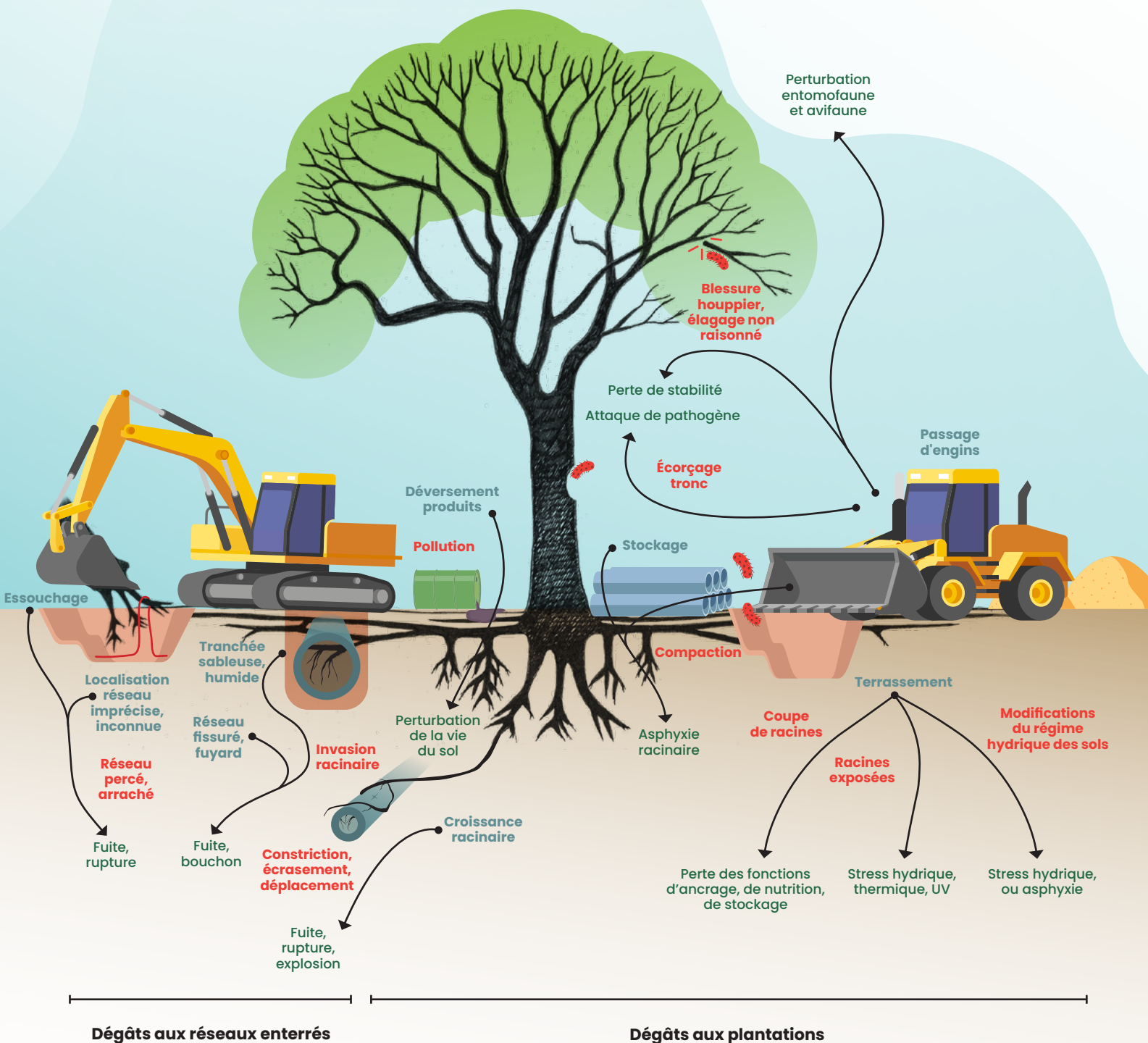
Lors d'une campagne d'abattage pour raisons sanitaires à Tourcoing, l'essouchage révèle qu'une grande partie du linéaire de réseau gaz longeant 25 arbres d'alignement est sujet à l'enchevêtrement racinaire. Les arbres ont été plantés sans protection particulière dans les années 1990, à proximité du réseau posé en 1974. Cette situation

amène la Métropole européenne de Lille à demander un dévoiement du réseau pour prévenir le risque de fuite lors de l'essouchage, ou un isolement du tronçon le temps de l'opération. En effet, le sectionnement des racines pour dégager le réseau en suivant les prescriptions d'usage serait trop risqué autrement.



Racines enchevêtrées autour de la conduite en acier d'un réseau de gaz (surligné en jaune sur la photo) à Tourcoing, 2023. / GRDF

Cause, facteur
Nature du dégât
Conséquence



Synthèse des dégâts potentiels aux arbres et aux réseaux en contexte de cohabitation. / Plante & Cité

Les déterminants à l'origine des problèmes de cohabitation

Une perception des enjeux contrastée, liée aux silos métier

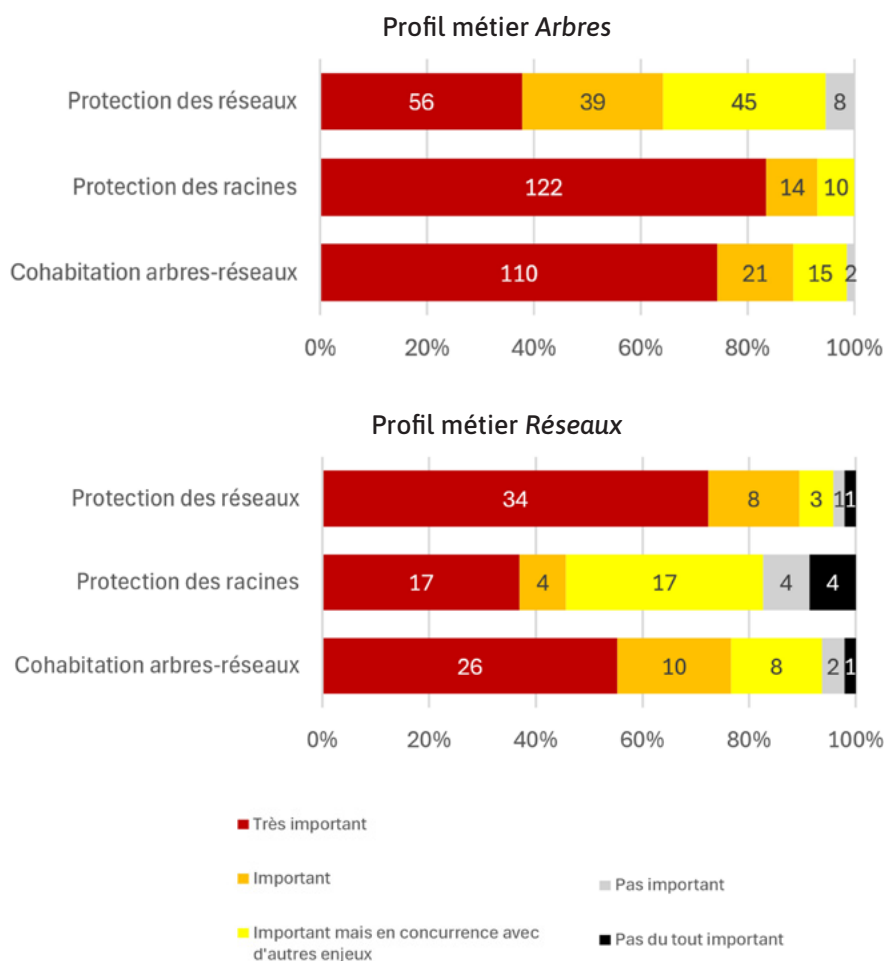
Le silotage des compétences, bien que nécessaire au développement de savoir-faire spécifiques, représente un défi pour une coordination entre acteurs lors des projets et pour la gestion courante des patrimoines arbres et réseaux. Les professionnels expriment ainsi un **besoin de transversalité** pour faciliter les interactions et mieux partager les contraintes et pratiques propres à chaque corps de métier.

L'enquête RESEAUX a révélé des contrastes dans la perception des enjeux, des freins et des connaissances entre les profils métiers *Arbre* et *Réseaux*. Chacun qualifie l'enjeu de la cohabitation arbres-réseaux d'important, tout en exprimant des préoccupations contrastées :

- Les professionnels de l'arbre intègrent cet enjeu comme une **contrainte technique et organisationnelle** pour la protection et le développement du patrimoine arboré.
- Les professionnels des réseaux doivent faire face à une **pression croissante liée au renforcement des politiques de plantation** des collectivités, qui se confrontent aux contraintes techniques, sécuritaires et réglementaires propres à chaque type de réseau.

La **protection des racines** apparaît primordiale pour les professionnels de l'arbre, afin de garantir la pérennité du patrimoine arboré, en plus d'être un gage de sécurité pour l'espace public (prévention des chutes de branches ou des basculements d'arbres). Cet enjeu, moins prégnant pour les professionnels des réseaux, fait écho principalement auprès des gestionnaires de réseaux humides gravitaires, qui sont souvent confrontés aux invasions racinaires et y opposent donc la question de la protection de leurs propres réseaux.

La **protection des réseaux enterrés** est un enjeu stratégique majeur pour les professionnels des réseaux, afin d'éviter les dysfonctionnements et limiter les coûts d'entretien. Elle importe également aux professionnels de l'arbre, puisque protéger les réseaux des systèmes racinaires en amont des projets permet d'éviter, en aval, de lourdes interventions de réparation ou de réhabilitation des réseaux pouvant entraîner des dégâts aux arbres. Le dialogue avec les concessionnaires permet **d'adapter les pratiques** et de faire accepter la plantation de nouveaux arbres à proximité de réseaux enterrés.



Niveau d'importance de trois types d'enjeux, selon le profil métier (données issues de l'enquête RESEAUX, 2022). / Plante & Cité

Les principaux freins identifiés par les professionnels

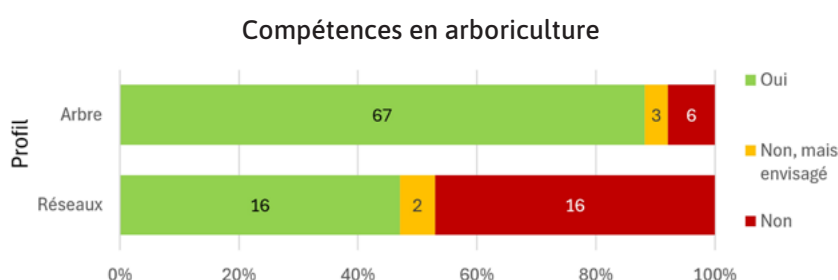
Nature des freins	Avis de professionnels des réseaux	Avis de professionnels des arbres
Un sous-sol saturé et méconnu	Cartographies imprécises des réseaux enterrés (imprécision de localisation et réseaux abandonnés). Insalubrité des réseaux anciens (sensibilité accrue aux racines).	Difficultés pour connaître la localisation des racines dans les sols. Encombrement du sous-sol par la prolifération de réseaux et l'abandon de certains.
Une méconnaissance des métiers	Méconnaissance par les autres métiers des contraintes sécuritaires et réglementaires concernant les réseaux enterrés.	Méconnaissance par les autres métiers de la sensibilité et des besoins biologiques des arbres. Idées reçues sur les impacts des dégâts racinaires pour les arbres, supposés mineurs.
Un manque de coordination entre VRD et génie végétal en amont des projets	Allotissement des compétences des opérateurs de travaux. Difficultés pour connaître les projets de développement du patrimoine végétal (rythme, lieu et nature des plantations).	Expertise arboricole et pédologique manquante dans les projets VRD. Difficultés pour connaître la localisation des réseaux à l'échelle communale (au-delà de la procédure DT-DICT) pour en tenir compte dans la programmation des plantations.
Un cadre juridique imprécis	Norme de distanciation floue sur certains points techniques : prise de mesure pour l'instauration des distances relatives, modalités de protections des réseaux.	Norme de distanciation qui ne tient pas compte de la réalité biologique et diversité des arbres. Place des arbres insatisfaisante dans le droit français.
Répartition inégale des coûts financiers et temporels, perçue d'autant plus fortement au sein des petites collectivités.		
Manque de retours d'expérience sur le long terme quant aux solutions techniques de cohabitation racines-réseaux. Besoin d'archivage des données en open-data.		

Synthèse des différents freins pouvant expliquer les situations de cohabitation problématiques entre racines et réseaux, exprimés par les professionnels (données issues de l'enquête RESEAUX, 2022). / Plante & Cité

Parmi les freins identifiés, l'enquête RESEAUX a permis d'examiner la connexion au végétal pour chaque profil métier. On note moins de **compétences internes en arboriculture** chez les professionnels Réseaux, bien que presque la moitié des répondants déclare en avoir. De plus, certains professionnels du profil Arbre n'en disposent pas, le plus souvent par manque de moyens financiers et humains (faible budget communal et effectifs insuffisants).

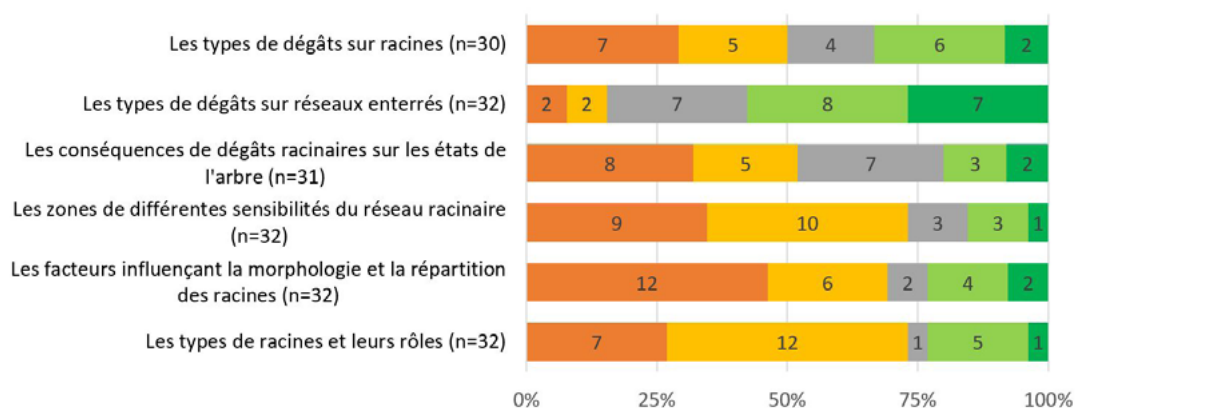
L'enquête a également interrogé le **degré de connaissance ressenti** concernant les arbres et les dégâts aux racines et aux

réseaux. Les professionnels Réseaux se considèrent moins informés sur les sujets sondés dans l'enquête, à l'exception des dégâts causés par les racines. Inversement, si les professionnels Arbre s'évaluent qualifiés sur les sujets liés au végétal, ils sont moins informés sur les types de dégâts causés aux réseaux par les racines. Cette complémentarité des connaissances peut expliquer que les **enjeux de protection des arbres et des réseaux soient considérés différemment** à travers ce prisme métier.

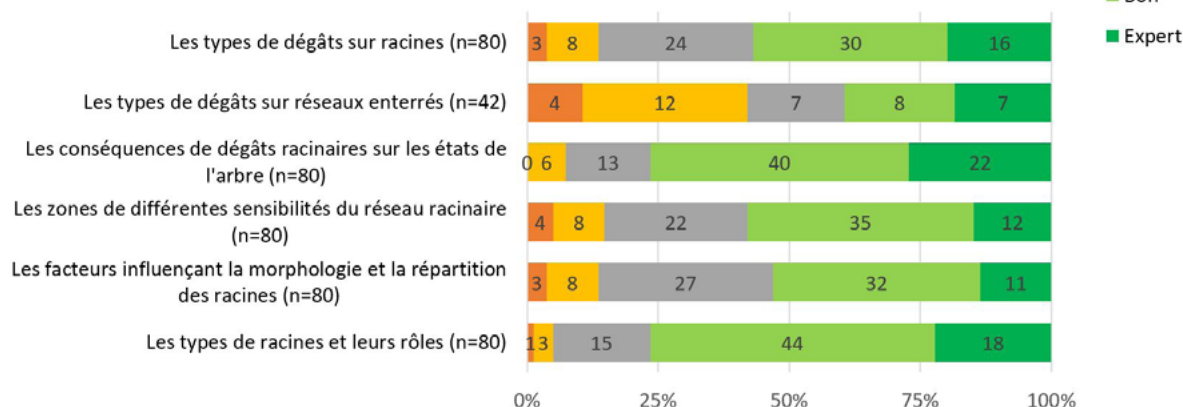


Présence de compétences en arboriculture dans les équipes gestionnaires (données issues de l'enquête RESEAUX, 2022). / Plante & Cité

Profil métier Réseaux



Profil métier Arbres



Auto-évaluation du degré de connaissance sur des sujets liés au végétal, aux dégâts occasionnés aux racines et aux réseaux enterrés, par profil métier. Le « n » indique les effectifs de répondants (données issues de l'enquête RESEAUX, 2022). / Plante & Cité

La majorité des répondants s'accorde à dire qu'**améliorer leurs connaissances arboricoles favoriserait la prise en compte des problèmes de cohabitation arbres-réseaux**. Cela permettrait aux collectivités de mieux choisir les essences et d'avoir une meilleure vue d'ensemble des contraintes lors des projets, aux gestionnaires d'arbres de mieux communiquer auprès des prestataires et usagers, et aux gestionnaires de réseaux de demander aux aménageurs des essences d'arbres adaptées au volume disponible. En revanche, d'autres répondants estiment ne pas avoir vocation à développer d'expertise dans ce domaine et attendent un cadre clair permettant d'intégrer les enjeux liés aux racines.

Des échelles spatiales inégales

La **taille des collectivités est un déterminant essentiel** dans la réduction des dégâts engendrés par les problèmes de cohabitation arbres-réseaux, notamment face aux concessionnaires, eux-mêmes soumis à des contraintes opérationnelles strictes sur l'ensemble du territoire français.

En effet, les petits territoires manquent souvent de moyens humains, financiers et techniques pour protéger leur patrimoine arboré, en particulier dans le cadre de travaux VRD proches d'arbres existants. Si certaines communes réalisent localement un travail de mise en confiance et d'échange entre leurs intervenants Voirie et Espaces Verts, toutes n'en ont pas les moyens.

La **coopération intercommunale** permet de lever les inégalités subies par de nombreuses petites communes, afin de gérer des services et des équipements communs (intercommunalité de gestion), ou d'élaborer des projets de développement local (intercommunalité de projet). Ainsi, pour pallier les problèmes de cohabitation, **les EPCI peuvent fournir expertises et méthodes**, former les élus locaux aux enjeux, ou encore fournir des outils « clé en main » adaptés au contexte local (ex. : livrets techniques détaillant les modes d'intervention souhaités ou fascicules pédagogiques permettant l'acculturation aux problématiques Arbres et Réseaux).

Un décalage entre les temporalités biologiques, économiques et politico-juridiques

Différents facteurs peuvent contraindre un projet d'aménagement urbain : le temps (délais de livraison et temps de réalisation), l'espace (respect de l'emprise fixée et limitation de l'encombrement circulaire), le budget (frais, surcoûts humains et techniques), et les compétences métiers (équipe pluridisciplinaire aux différentes étapes du projet, pilotée par un chef de projet). **La planification et la coordination entre acteurs sont donc primordiales**, y compris durant la vie de l'aménagement. Puisqu'un arbre met des dizaines d'années à se développer et à accomplir son plein potentiel (qu'il n'atteint pas toujours), son **cycle biologique est difficilement en phase avec le calendrier rythmé des projets urbains**. Bien qu'il existe nombre de préconisations visant à optimiser les conditions de reprise

racinaire et de développement de l'arbre (respect de la phénologie végétale pour la plantation et les soins d'entretien, conception de volumes propices, etc.), les motifs économiques sont généralement prioritaires. S'en retrouvent des arbres négligés, sujets aux **dégâts racinaires, dont les conséquences immédiates sont invisibles, mais demeurent irréversibles**. Les impacts des travaux génèrent ainsi souvent une dangerosité cachée et différée. De plus, dans le contexte actuel d'urgence climatique, compenser la perte d'arbres par la replantation de jeunes arbres semble insuffisant, une trentaine d'années étant nécessaire pour bénéficier de services écosystémiques matures.



Pour aller plus loin

→ Service public de Wallonie mobilité et infrastructures, 2020. **Guide d'application n° 5: préservation et développement du patrimoine arboré – version 03**. Annexe à la **Circulaire ministérielle relative à la gestion des espaces paysagers présents sur le domaine des infrastructures régionales**, 18 p. et 5 p. <https://tinyurl.com/bdfbdkjk>

→ Haddad Y., 2016. **Sécurité routière : la Seine-et-Marne expérimente des solutions végétales**. *Lien horticole*, 2 novembre 2016, n° 990, p. 12-13. www.ressources.plante-et-cite.fr/fiche/64374

→ Guérin M., De Bodard M., 2025. **Préserver les platanes face au chancre coloré. Guide de bonnes pratiques préventives et curatives (2^e édition)**. Plante & Cité, 58 p. www.ressources.plante-et-cite.fr/fiche/96408

→ AFLAK, 1994. **Figure 30 : Exemple d'arbre de causalité pour aider à identifier les origines et conséquences d'un dysfonctionnement**. Dans Clayette S., **Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement : bonnes pratiques ; aspects techniques et financiers**. (Astee, 2015, 247 p.). p. 149 www.astee.org/publications/gestion-patrimoniale-des-reseaux-dassainissement-bonnes-pratiques-aspects-techniques-et-financiers

3.2 LE CADRE JURIDIQUE à l'interface des arbres et des réseaux enterrés

De nombreux textes encadrent les pratiques et les relations entre les intervenants aux différentes étapes des opérations impliquant arbres et réseaux. D'autres encore peuvent être mobilisés pour arbitrer des situations conflictuelles. Cette partie fait le point sur ce corpus de textes, en suivant la trame « anticiper, concevoir, mettre en œuvre et gérer ». Elle discute également des pistes d'amélioration.

De nombreux textes juridiques et ouvrages techniques sont cités dans cette partie. Chaque numéro entre crochets renvoie à une référence en ligne, en plus d'être lié au tableau de synthèse en fin de partie.

Les réseaux, les arbres et leurs racines dans le droit

La pose et la gestion des réseaux enterrés sont très encadrées afin de satisfaire la fourniture de services techniques et les exigences de sécurité des biens et des personnes. **Des centaines de lois** (codes de l'énergie, voirie routière, environnement, postes et communications publiques, construction et habitation, etc.), ordonnances, décrets [1] [2], arrêtés [3] [4] [5] [6], décisions et normes* [7] [8] [9] [10] sont ainsi délivrés selon les types de réseaux et selon les interventions les impliquant (fourniture, pose et distanciation, réhabilitation, terrassement, remblayage* et couche de forme*, prévention des dommages, détection sans fouilles, etc.).

Si les réseaux sont largement représentés en droit français, les arbres ne sont quant à eux pas définis par la loi en tant qu'êtres vivants, mais comme des **biens immeubles**, en vertu de leur rattachement aux fonds de terre (article 518 du Code civil [11]). De plus, la distinction entre houppier, tronc et racines n'est jamais explicitée. Bien que la définition scientifique d'un arbre englobe ses organes aériens et souterrains, cette interprétation n'est pas systématiquement retenue en cas de litige. En l'absence d'évolution réglementaire sur ce point, des arguments spécifiques au texte visé sont nécessaires pour argumenter convenablement la prise en compte des racines et de leur importance pour l'arbre.

Comment expliquer l'absence de mention des racines dans la législation française, ou le fait que certains textes autorisent à leur porter atteinte, condamnant de ce fait les arbres ? En effet, l'article 673 du Code civil [12] autorise la coupe d'organes d'un arbre (racines et/ou branches) situé en limite de propriété. Ce texte adresse le cas de parcelles privées contiguës, la mitoyenneté entre les domaines publics et privés n'étant pas encadrée actuellement. Souvent invisibles, les racines sont fréquemment oubliées dans la représentation que l'on se fait d'un arbre. Une **prise de conscience** est malgré tout à l'œuvre : les services écosystémiques rendus par les arbres sont désormais reconnus comme indispensables à la qualité de vie des personnes et à la fonctionnalité des trames écologiques. Les racines constituant une part vitale de leur organisme, il est nécessaire de les préserver.

L'évolution du cadre législatif est donc un levier essentiel pour résoudre les problématiques liées aux arbres dits « hors-forêts » et en particulier pour mieux orchestrer leur cohabitation avec les ouvrages souterrains. C'est l'une des actions à laquelle s'emploie le groupe de travail « Amélioration de la législation des arbres hors-forêts ».



Le groupe de travail « Amélioration de la législation des arbres hors-forêts »

Porté conjointement par le **Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement de Seine-et-Marne (CAUE 77)** et l'association Arbres Remarquables : Bilan, Recherche, Études et Sauvegarde (**A.R.B.R.E.S.**), ce groupe de travail initié en 2016 réunit une trentaine d'acteurs du droit, du végétal et de l'urbanisme. Son action est soutenue par divers acteurs : villes, cercles professionnels du paysage et de l'arbre, chambres de notaires, aménageurs, associations environnementales et personnalités du monde scientifique et culturel.

L'objectif est de formuler **des propositions de lois pour mieux protéger les arbres « hors-forêts »** tout en respectant la propriété privée, la commodité de circulation et l'environnement, dans un contexte d'adaptation au changement climatique. Deux pistes d'action sont identifiées : créer de **nouveaux outils dédiés à la protection de ces arbres et actualiser la législation** en accord avec les enjeux environnementaux. Pour suivre l'actualité de ce groupe de travail, consulter la page dédiée [13].

Anticiper : connaître et protéger l'existant

Connaître et protéger les ouvrages souterrains : point sur la réforme anti-endommagement

Du côté des réseaux enterrés, les travaux à proximité des ouvrages sont encadrés par le **Code de l'environnement** (articles L554-1 à 4 et R554-1 à R554-39, et par des décrets et arrêtés relatifs, dont celui du 15 février 2012 modifié [14]). Ainsi, tous les travaux à proximité de réseaux enterrés, aériens ou subaquatiques doivent être déclarés auprès des exploitants concernés (article R554-25 du Code de l'environnement [15]) : le responsable de projet envoie une DT, puis l'exécutant des travaux fait une DICT, la DT-DICT pouvant être conjointe entre le responsable de projet et l'exécutant. La **réforme anti-endommagement du Code de l'environnement** (décret n° 2011-1241 du 5 octobre 2011 en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2012 [1]) a pour but d'**encadrer et de sécuriser l'exécution de travaux à proximité de réseaux enterrés et d'ainsi limiter les dommages techniques et humains**, à travers quatre axes :

- L'amélioration du **géoréférencement des ouvrages** et le recours obligatoire aux IC en cas d'incertitude. Il existe trois **classes de précision de localisation** des ouvrages (A, B et C), la classe A étant la plus fine, avec une incertitude maximale inférieure ou égale à 40 cm (réseau rigide) ou à 50 cm (réseau flexible). Au 1^{er} janvier 2026, l'ensemble des réseaux sensibles du territoire ainsi que ceux non sensibles implantés dans des unités urbaines* doivent être référencés en classe A (arrêté du 26 octobre 2018 [5]). Cette disposition sera étendue à l'ensemble du territoire au 1^{er} janvier 2032.

- La normalisation des fonds de plan au format **Plan corps de rue simplifié (PCRS)** à l'horizon 2026. Il consiste en une cartographie 2D ou 3D des abords de voiries (bordures de trottoirs, façades, affleurements de réseaux et émergences diverses). Le décret n° 2024-1022 du 13 novembre 2024 [16] introduit deux mesures : les PCRS versés au guichet unique deviennent accessibles pour les autorités locales compétentes ; les responsables de projet sont encouragés à préciser les modifications qui pourraient avoir un impact sur le PCRS lors de leur DT auprès du guichet unique, afin que les autorités publiques locales puissent facilement identifier les zones où une mise à jour serait nécessaire. Pour préciser le PCRS, le Conseil national de l'information géolocalisée (CNIG) porte un projet de standardisation au format standard géographique de réseaux pour les réponses aux déclarations de travaux (StaR-DT). Ce géostandard de description simplifiée des réseaux constitue un socle commun de données vectorielles se superposant à celles du PCRS [17].

- La dématérialisation et la mise en compatibilité des documents relatifs aux DT-DICT, grâce au **guichet unique** mis à disposition par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris)* et aux services numériques développés par des prestataires conventionnés (ex. Dict.fr, Protys.fr, Dictservices.fr, etc.). La plateforme web « réseaux-et-canalisation » du guichet unique, dont la consultation est obligatoire depuis le 1^{er} juillet 2012 pour les maîtres d'ouvrage et les exécutants de travaux, permet d'alléger le travail des mairies, auparavant chargées du lien entre entreprises et

concessionnaires de réseaux sur leurs communes. Elle permet aux exploitants de réseaux de géoréférencer leurs ouvrages afin qu'ils soient identifiables pour la préparation des travaux. Les responsables de projets et les exécutants de travaux envoient leurs DT-DICT aux exploitants et reçoivent automatiquement les informations de localisation et les consignes de sécurité spécifiques aux réseaux concernés (article R554-31 du Code de l'environnement [18] et articles 20, 21, 22 et 25 de l'arrêté du 15 février 2012 modifié, en vigueur depuis le 1^{er} juillet 2012 [14]).

- L'encadrement renforcé des chantiers de travaux, avec notamment la mise en place de l'**AIPR** pour les opérateurs/encadrants et les concepteurs (formation obligatoire depuis le 1^{er} janvier 2018 et renouvelable tous les 5 ans). Plus précisément, l'article R554-31 du Code de l'environnement [18] traite de la responsabilité du chef de projet en matière de sécurité des ouvrages et des travaux (d'après les articles 554-20 [19], R554-21 [20], R554-23 [21], R554-27 [22] et R554-28 [23] du même Code). Ce dernier doit s'assurer de la formation et de la qualification des opérateurs, notamment de la validité de l'AIPR. De même, il incombe à l'exécutant des travaux de partager les informations de localisation des ouvrages issues du guichet unique avec ses éventuels sous-traitants, de s'assurer de leurs qualifications (dont l'AIPR) ainsi que d'informer l'exploitant de l'ouvrage en cas de sinistre ou d'anomalie [18].

Des sanctions administratives et pénales ont été instaurées pour réprimer les infractions à ce cortège de textes, décrites dans l'article R554-35 du Code de l'environnement [24]. Les contrôles des prescriptions sont opérés par les Directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) et les Directions régionales et interdépartementales de l'environnement et de l'énergie (DRIEE), notamment par des visites inopinées de chantiers. Peuvent voir leur responsabilité engagée, selon la nature des infractions : les responsables de projets, les exploitants et les exécutants des travaux [25].



Peut-on modifier le droit pour inscrire les racines au guichet unique ?

En application de la devise « Construire sans détruire » de l'Ineris, l'intégration des arbres au guichet unique permettrait la prescription de bonnes pratiques d'intervention via le processus DT-DICT. Certains gestionnaires de patrimoine arboré ont déjà franchi le pas, mais se voient contraints de faire machine arrière, puisque les services de l'État les rappellent à l'ordre pour ce qu'ils considèrent comme un usage non conforme des outils de la réforme anti-endommagement. De plus, les services gestionnaires des arbres ne sont ni outillés ni dimensionnés pour l'abondance des sollicitations auxquelles il faut répondre. Malgré tout, le guichet unique reste un outil performant et les fonctionnalités offertes par les téléservices associés seraient un appui pour la préservation des arbres tout en limitant la prolifération de procédures.

En toute rigueur, seule une modification du droit positif rendrait possible l'inscription des racines au guichet unique. Les réseaux visés sont définis dans l'article R554-2

du Code de l'environnement [26], Livre V : « Prévention des pollutions, des risques et des nuisances ». Il ne semble pas judicieux d'inscrire les racines dans ce Livre, au risque de ne les désigner que par les désordres ou nuisances qu'elles pourraient causer. Un nouvel article définissant les réseaux racinaires serait alors pertinent, par exemple dans le Livre III « Espaces naturels » au Titre V « Paysages » du même code, associé à une révision de l'article relatif au guichet unique en conséquence.

Un frein technique majeur doit tout de même être mentionné : le fonctionnement du guichet unique s'appuie sur la localisation précise des réseaux. Les difficultés de localisation des racines rendent irréaliste l'idée de renseigner les racines en classe A de localisation, par exemple. Une alternative serait de considérer des « zones sensibles » autour des arbres, c'est-à-dire le rayon dans lequel la probabilité de trouver des racines est la plus forte, et d'inscrire ces zones au guichet unique.

Dans ses 10 premières années, la réforme anti-endommagement a donné lieu à une augmentation de 40 % du nombre de déclarations, à près de 3 millions de consultations annuelles du guichet unique et à une baisse de 17 % des dommages souterrains, tous réseaux confondus.

Connaitre et protéger les espaces plantés pour préserver les racines

Du côté du patrimoine arboré, l'une des façons les plus effectives pour préserver les réseaux racinaires est d'anticiper la protection des arbres et de leur environnement immédiat dans la réglementation nationale et locale, c'est-à-dire les protéger juridiquement dans les plans locaux d'urbanisme (PLU), contractuellement, et sur les chantiers.

Connaitre la **localisation des arbres et leurs dimensions** est un prérequis fondamental à leur protection. Les outils cartographiques permettent le géoréférencement des arbres sur la base d'inventaires pied à pied, d'images aériennes ou satellites, et dans certains cas grâce aux données des PCRS. Mais cette connaissance du patrimoine arboré est inégale selon les moyens dont disposent les collectivités : compétences en systèmes d'information géographiques (SIG), partage et exploitation des données dans des outils communs (open data et guichet unique). Face à la difficulté de localiser les racines dans les sols urbains hétérogènes (cf. 2.2 p. 32), l'expertise arboricole et pédologique est essentielle pour estimer leur étendue. L'amélioration des technologies de détection non intrusives pourrait apporter des informations en ce sens.

Protéger un arbre implique de préserver tous ses organes vitaux, dont ses racines, argument reconnu juridiquement. Face aux projets d'aménagement, **les régimes de protection des espaces plantés permettent de préserver les volumes racinaires.**



La reconnaissance d'un lien de causalité entre la coupe de racines et la mort d'un arbre : exemple de contentieux

Un cèdre situé sur une propriété privée a étendu ses racines sur le domaine public. Lors de travaux pour la pose d'un câble électrique, celles-ci ont été sectionnées au ras du tronc, entraînant la mort de l'arbre. Par l'arrêt du 29 novembre 1967 [27], le lien de causalité entre la mort de l'arbre et les travaux de terrassements est établi, et la société Électricité de France (EDF) est condamné à indemniser financièrement le propriétaire de l'arbre. Bien qu'ancien, cet arrêt permet d'argumenter en faveur d'une **prise en compte de l'arbre dans sa globalité**, en reconnaissant le rôle vital de ses organes souterrains.

D'après le Code de l'environnement, l'article L350-3 en vigueur depuis le 21 février 2022 [28] (projet de loi 3DS [Différenciation, Décentralisation, Déconcentration et Simplification], article 194 de la loi n° 2022-217) [29] et son décret d'application du 19 mai 2023 (n° 2023-384) [30] accordent un régime de **protection juridique spécifique aux arbres d'allées et d'alignements bordant les voies ouvertes à la circulation publique.**

Ils sont ainsi reconnus comme « un patrimoine culturel et une source d'aménités » favorables à la « préservation de la biodiversité ». Bien que l'article ne mentionne pas le terme « racine », leur protection est sous-entendue par la formulation suivante : « Le fait d'abattre ou de **porter atteinte** à un arbre ou de **compromettre la conservation ou de modifier radicalement l'aspect** d'un ou de plusieurs arbres d'une allée ou d'un alignement d'arbres est interdit ». Cet article pourrait donc être argumenté comme tel, l'importance du volume racinaire et de son espace vital pour la physiologie de l'arbre ayant notamment été reconnue au Conseil d'État [27]. L'article précise les modalités d'autorisation et de déclaration préalable et prévoit la sanction en cas de violation des dispositions : une contravention de cinquième classe. Cette dernière peut être qualifiée de peu dissuasive puisqu'elle correspond à un montant maximal de 1 500 euros et de 3 000 euros en cas de récidive.



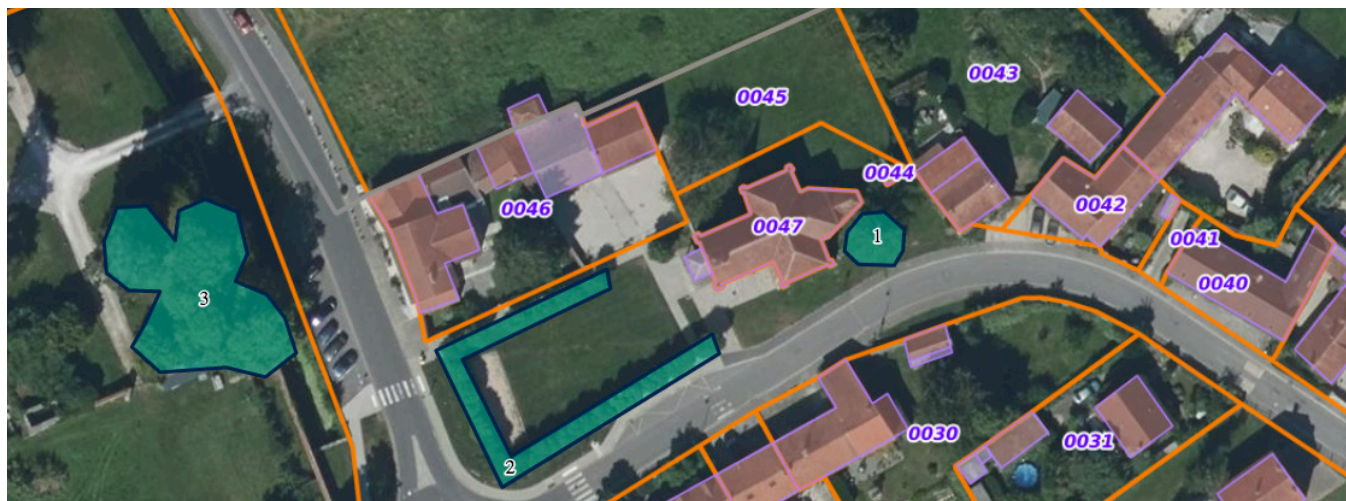
La protection des allées d'arbres en France

L'association **ALLÉES – AVENUES / allées d'avenir** / œuvre pour la promotion du patrimoine culturel, naturel et paysager que constituent les allées d'arbres auprès des politiques, des professionnels et des citoyens. Ses membres ont publié un **Memento pour l'application de l'article L350-3 du Code de l'environnement** [31], qui détaille la nature et les fonctions remplies par les arbres et les allées d'arbres, ainsi que leurs conditions de protection et de dérogation.

Selon le Code de l'urbanisme, les PLU communaux, intercommunaux et métropolitains (PLU c, i, m) contiennent un corpus de documents dont certains peuvent inclure des prescriptions pour protéger les arbres : règlement écrit, **orientations d'aménagement et de programmation** (OAP), etc.

Ainsi, les arbres peuvent être classés en **EBC** (article L113-1 du Code de l'urbanisme [32]). Cette servitude* s'applique autant aux bois, forêts, parcs, qu'aux arbres isolés, alignements, haies ou terrains destinés à être plantés. Elle interdit par ailleurs tout changement de mode d'occupation des sols (article L113-2 du même Code [33]). Les racines sont implicitement protégées par le classement du sol, mais cette protection s'arrête aux limites de l'EBC définies par le règlement graphique. Les racines des arbres situés en limite d'EBC vont certainement au-delà : en cas de construction au ras de l'EBC, il faut alors argumenter pour faire admettre que ces constructions, bien que légales, sont de nature à porter atteinte aux arbres par la destruction de leurs racines. Une amélioration du dispositif, passant par la sensibilisation des dessinateurs d'EBC, permettrait d'y intégrer une « épaisseur » comprenant les racines. Les dimensions des « zones sensibles » susceptibles de comporter des racines peuvent être données par un outil tel que le Barème de l'arbre VIE/BED.

Les PLU c, i, m peuvent aussi identifier et localiser des **éléments de paysage** pour des **motifs écologiques**, « notamment pour la préservation, le maintien ou la remise en état des continuités écologiques et définir, le cas échéant, les prescriptions de nature à assurer leur préservation » (article L151-23 du Code de l'urbanisme [34]), ou **culturels** : « Lorsqu'il s'agit d'espaces boisés, il est fait application du régime d'exception prévu à l'article L421-4 pour les coupes et abattages d'arbres » (article L151-19 du Code de l'urbanisme [35]). Pour ce faire,



Exemple de localisation d'arbres ou groupes d'arbres protégés au titre des articles L151-19 et L151-23 du Code de l'urbanisme, dans un règlement graphique. Les polygones verts indiquent : 1. Un arbre individuel ; 2. Un alignement taillé en rideau ; 3. Un bosquet. Le parcellaire est figuré en orange. / A. Bonnardot, CAUE 77

il faut inscrire le principe de la protection des arbres dans le rapport de présentation du PLU, localiser les arbres dans le règlement graphique et donner des prescriptions permettant de les protéger dans le règlement écrit. Pour que les racines soient prises en compte, il convient de définir des périmètres de protection adaptés en identifiant dans le règlement graphique non pas des points, mais des emprises surfaciques, et de proposer des prescriptions permettant leur préservation et celle des sols dans ces emprises. En pratique, les PLU se contentent souvent d'identifier des arbres sans adjoindre de prescriptions, or l'un ne doit pas aller sans l'autre [36]. Les **OAP** (articles R151-6 à R151-8 du Code de l'urbanisme [37]) traduisent les objectifs et les orientations du PLU et permettent la **définition de prescriptions dans le sens de la protection des arbres** (OAP sectorielles). Elles peuvent aussi être thématiques (ex. : « Nature en ville ») afin de renforcer les continuités écologiques d'un territoire, incluant en ce sens les arbres à protéger, et leurs volumes souterrains. En outre, tout citoyen peut signaler des besoins liés à la protection des arbres lors de l'enquête publique relative au PLU.



La protection d'un arbre en limite de propriété : conflit de voisinage à Nantes

Par un arrêt du 3 octobre 2023 (n° 23/01072) largement commenté [40], le tribunal judiciaire de Nantes s'est appuyé sur l'article 2 de la Charte de l'environnement [38], ainsi que sur l'article 1247 du Code civil [39], afin de protéger un magnolia lors d'un conflit de voisinage. Sa coupe à hauteur de 2 m, pourtant autorisée par l'article 671 du Code civil [41], est proscrite au motif que cet arbre « apporte un bénéfice à la collectivité par les bienfaits environnementaux ».

En conjugaison avec la jurisprudence du 29 novembre 1967 [27] qui reconnaît le lien de causalité entre l'atteinte aux racines et la mort d'un arbre, ce mécanisme pourrait être étendu à des situations concernant les racines d'arbres menacés ou dégradés.

La Charte de l'environnement [38], qui a une valeur constitutionnelle depuis le 1^{er} mars 2005, peut aussi être utilisée pour protéger des espaces plantés. Elle stipule à l'article 2 que « **toute personne a le devoir de prendre part à la préservation et à l'amélioration de l'environnement** ». En outre, l'article 1247 du Code civil (L. n° 2016-1087 du 8 août 2016, art. 4-VI) [39] définit un **préjudice écologique** comme « une atteinte non négligeable aux éléments ou aux fonctions des écosystèmes ou aux bénéfices collectifs tirés par l'homme de l'environnement ». Cet argument peut être utilisé pour protéger des arbres menacés d'élagage ou d'abattage, comme illustré par la jurisprudence.

Enfin, pour les projets et documents de planification concernés, il convient de tenir compte des arbres existants et projetés durant l'évaluation environnementale et/ou la conception de l'aménagement pour arrêter des choix de manière globale dans le cadre de la **démarche ERC**. Ses objectifs sont « d'éviter les incidences négatives notables, réduire celles qui ne peuvent être évitées et compenser celles qui ne peuvent être évitées ni réduites » (articles L122-1, L122-3 et L122-6 du Code de l'environnement) [42] [43] [44]. La séquence ERC a été inscrite au Code de l'environnement en 1976 par la loi relative à la protection de la nature [45], puis révisée en 2016 par la loi de reconquête de la biodiversité et des paysages [46], ainsi que par l'ordonnance sur l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes [47].

Cette démarche s'applique donc aux espaces plantés, arbres et racines compris, étant donné les services environnementaux qu'ils rendent. Le **Guide pour la mise en œuvre de l'évitement** [48] publié par le Commissariat général au développement durable définit la séquence ERC comme un outil d'action publique permettant de **concilier l'aménagement des territoires et la préservation de l'environnement**. Il a pour vocation d'accompagner les acteurs en amont des projets vers un bilan écologique, économique et social positif, en mettant en avant les mesures d'évitement plutôt que celles de compensation, souvent nettement moins viables écologiquement.

Afin d'anticiper la cohabitation arbres-réseaux, il importe de **former les acteurs des travaux et de la programmation urbaine aux connaissances des bases (arbres, réseaux et sols) et aux risques encourus** en cas de dommages. D'après la réforme anti-endommagement, l'habilitation AIPR sécurise les travaux à proximité des réseaux enterrés, mais elle n'aborde pas la protection des arbres et de leurs racines.

Les professionnels du végétal ressentent en cela un déséquilibre : contraints de passer l'AIPR lorsqu'ils interviennent à proximité de réseaux enterrés, la réciprocité pour opérer auprès des arbres n'existe pas chez les professionnels des VRD. Une mise à jour de cette formation obligatoire incluant un volet « Arbres », ou une « AIP-Arbre » équivalente, semblerait pertinente pour porter à connaissance les bonnes pratiques d'intervention auprès d'arbres existants. Outre les formations obligatoires, la **sensibilisation aux enjeux peut être menée en interne** de façon informelle, par la coordination des équipes projet ou des services des collectivités.

Concevoir : aménager la cohabitation des plantations et des réseaux enterrés

Identifier les zones de servitude

La présence de réseaux s'accompagne de droits liés à **l'autorisation d'occupation du domaine public**. La compétence voirie étant communale (article L2212-2 du CGCT [49]), l'occupation du domaine public routier est accordée par la permission de voirie (fiches n° 3 et 4 de la Boîte à outils voirie et espaces publics : gestion du domaine routier, Cerema, 2024 [50]). Délivrée par le pouvoir de police de conservation du maire (sinon le président du conseil général ou le préfet si voirie respectivement départementale ou nationale), cette permission implique généralement une redevance. Si un règlement de voirie est adopté au conseil municipal pour encadrer l'occupation des voies, il ne doit « pas porter une atteinte excessive au droit d'occupation du domaine public routier » et donc ne pas interdire l'exécution des travaux par les gestionnaires de réseaux enterrés (Conseil d'État, 3 juin 1988, « EDF-GDF », requête n° 41918 [51]).

Pour les canalisations de transport de gaz, d'hydrocarbures ou de produits chimiques, l'article L555-27 du Code de l'environnement [52] définit deux **zones de servitude*** : les « bandes étroites » ou « de servitude forte » et les « bandes larges » ou « de servitude faible » – la bande large incluant celle étroite. Selon l'article R555-34 du Code de l'environnement [53], la déclaration d'utilité publique (DUP)* fixe la largeur des bandes de servitude selon la demande du pétitionnaire : celle étroite devant être comprise entre 5 et 20 m, tandis que la bande large ne doit pas excéder 40 m. À condition que les travaux d'exploitation des réseaux soient d'**utilité publique**, au sens de l'article L555-25 du Code de l'environnement [54], les servitudes « fortes » autorisent les concessionnaires à enfouir leurs ouvrages et à « procéder aux enlèvements de toutes plantations, aux abattages, essartages et élagages des arbres et arbustes nécessités pour l'exécution des travaux de pose, de surveillance et de maintenance des canalisations et de leurs accessoires ». En outre, l'accès à la « bande large » doit être garanti pour « l'exécution des travaux nécessaires à la construction, l'exploitation, la maintenance et l'amélioration continue de la sécurité des canalisations ». Les servitudes sont annexées aux PLU c, i, m selon l'article L151-43 du Code de l'urbanisme [55].

Dans le domaine privé, ce sont des **conventions de servitude** qui sont signées entre l'exploitant et le propriétaire. Ces dernières prévoient une bande de servitude *non sylvandi* et *non ædificandi*, dans laquelle il ne sera possible ni de planter, ni de construire. Cette bande est en général asymétrique par rapport à l'axe de la canalisation (ex. : pour une canalisation de diamètre 150 mm : 2 m d'un côté et 4 m de l'autre) et sa largeur augmente avec le diamètre de la canalisation (jusqu'à 5 ou 10 m pour les gros diamètres).

Hiérarchiser les enjeux dans l'intérêt du domaine public occupé

Une fois les caractéristiques de l'existant et du projet établies, on peut constater une **compétition spatiale** en des points précis, c'est-à-dire des emplacements où arbres et réseaux enterrés, actuels et projetés, se superposent. Ce cas de figure doit faire l'objet d'un **arbitrage juridique et technique** pour aménager une cohabitation pérenne. Pour ce faire, il est nécessaire de tenir compte de **l'intérêt du domaine public occupé** afin d'établir si la priorité de l'opération est le maintien du dessin de la plantation ou celui du tracé des réseaux. Une fois la priorité établie, le projet peut être adapté en conséquence : abattage, suppression ou déplacement de la plantation et dévoiement du réseau. Cet arbitrage est l'occasion de chiffrer l'éventuel surcoût lié à la cohabitation et de le répartir entre les parties prenantes, voire d'adapter l'économie du projet.

L'intérêt des réseaux est indiscutable, et a jusqu'à présent souvent primé, cependant, il n'est pas toujours prioritaire. Du fait de l'établissement de zones de servitude*, les exploitants de réseaux enterrés bénéficient d'une autorisation d'**occupation temporaire** du domaine public, c'est-à-dire qu'ils sont sous contrat de **concession** avec une collectivité (hormis les réseaux d'eaux généralement gérés en régie). D'après la jurisprudence du 6 février 1981 (Conseil d'État, Section, 09689 09695, recueil Lebon) [56], les concessionnaires doivent « **supporter sans indemnité les frais de déplacement ou de modification des installations aménagées** en vertu de cette autorisation lorsque ce dévoiement est la conséquence de travaux entrepris dans l'intérêt du domaine public occupé et que ces travaux constituent une opération d'aménagement conforme à la destination de ce domaine ». De ce fait, les plantations d'arbres reconnues d'utilité publique (voir encart suivant) sont favorisées en cas de compétition spatiale pour l'intérêt du domaine occupé. Ceci contraint donc le concessionnaire à supporter les conséquences de cet arbitrage (dévoier et reporter la pose d'un nouveau réseau), à moins d'établir un protocole de cohabitation spécifique.



Un contentieux en faveur des arbres au sein de la Communauté urbaine de Lyon

La question des servitudes arbres-réseaux a été illustrée par l'arbitrage d'un **contentieux entre France Télécom et la Communauté urbaine de Lyon**. Dans le cadre d'un projet de plantation d'un alignement d'arbres sur l'avenue Garibaldi, nécessitant le dévoiement du réseau de télécommunications existant, France Télécom a intenté une action en justice à l'encontre de la collectivité afin que celle-ci prenne en charge les frais de dévoiement. Le tribunal administratif a donné raison à la collectivité sur sa **définition de l'intérêt de la voirie**, qui comprenait la plantation d'arbres, et a enjoint France Télécom à déplacer ses réseaux. Après avoir vu son appel rejeté (jurisprudence du 3 mai 2005 n° 00LY02472, Cour administrative d'appel de Lyon) [57], France Télécom s'est pourvu en cassation devant le Conseil d'État. Après une dizaine d'années, le contentieux a été arbitré en **faveur des plantations d'arbres pour motif « d'ordre esthétique et d'amélioration du cadre de vie »**. France Télécom a été condamné à supporter les conséquences financières des travaux.

Aménager la cohabitation spatiale : les distances relatives et les dispositifs de protection

Comme mentionné précédemment, l'aménagement de la cohabitation arbres-réseaux enterrés peut être soumis à des prescriptions techniques, dont la plus spécifique est la **norme française NF P98-332** « Chaussées et dépendances – Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux » (AFNOR, 2005) [8], à la section « 4. Proximité entre réseaux enterrés et arbres ».

Le paragraphe 4.1 traite de prescriptions générales, selon lesquelles les **gestionnaires de réseaux (i) doivent déclarer leurs travaux à proximité d'arbres ou de végétaux** au service responsable des espaces verts (en cas d'un élagage à prévoir), et (ii) doivent appliquer des **dispositions particulières tenant compte des besoins physiologiques et phénologiques du végétal** lorsque la distance entre le tronc de l'arbre et le bord de la tranchée le plus proche est inférieure ou égale à 3 m.

Dans son paragraphe 4.2, cette norme traite des « conditions d'implantation planimétrique sans protection particulière » : lors de l'implantation d'un réseau, **une distance minimale de 2 m (ou 1 m pour les arbustes)** doit être respectée entre le bord du tronc de l'arbre (mesure planimétrique à 1 m au-dessus du sol) et le bord de la tranchée le plus proche. Le **passage d'un réseau dans ou sous la fosse de plantation est proscrit**. Les plantations d'arbres au-dessus de réseaux ou à des distances moindres que celles fixées par la norme sont autorisées dans le cadre de « **protocoles spécifiques** » s'appuyant sur des retours d'expériences.

Le paragraphe 4.3 donne des **mesures de prévention** lors d'interventions proches de plantations existantes sans protection particulière : protection du tronc et du houppier, stockage de matériaux interdit sur la zone d'aération de l'arbre (cuvette et grille) et interventions réalisées lors du repos végétatif (hors gel ou neige et hors interventions urgentes ou sécuritaires).

Enfin, le paragraphe 4.4 précise que les réseaux peuvent être placés à une **distance minimale de 1,5 m du bord du tronc**

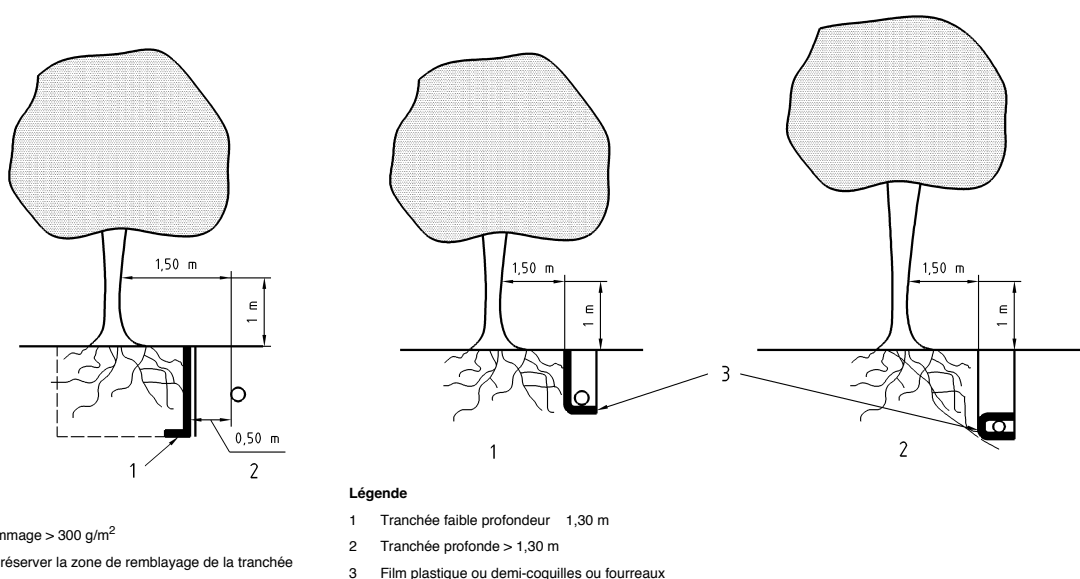
de l'arbre (mesure planimétrique à 1 m au-dessus du sol) à **condition d'installer des dispositifs de protection suivant les recommandations du propriétaire ou du gestionnaire d'arbre**, pour éviter que les racines ne détériorent les réseaux ou que les végétaux ne dépérissent. Plus précisément :

- En cas d'implantation d'un réseau proche d'arbres existants, cette distance est mesurée entre le bord du tronc à 1 m de haut et le bord de la tranchée le plus proche.

- En cas de plantation d'arbres proches de réseaux existants, elle est mesurée entre le bord du tronc et le bord de la canalisation, de façon à préserver une zone de remblayage de la tranchée d'une distance minimale de 0,5 m entre le bord de la canalisation et l'extrémité des racines (nues ou en motte).

Cependant, cette dernière préconisation est questionable. En effet, le tronc de l'arbre croît en diamètre avec le temps, décalant d'autant le point de prise de mesure. L'interprétation de cette inter-distance est aussi complexifiée par la jurisprudence du 1^{er} avril 2009 (n° 08-11.876, Cour de cassation, Chambre civile 3, publié au bulletin) [58] rendue au visa de l'article 671 du Code civil [41], selon laquelle les distances de plantation se mesurent à partir de l'axe médian du tronc. Dans tous les cas, la position du bord du tronc au niveau sol (collet) n'est jamais mentionnée, ce qui peut poser question lors de la prise de mesure sur des arbres au tronc penché ou irrégulier (empattements).

Concernant la **nature des protections de réseaux (pare-racines)** envisageables, la norme donne deux indications. En cas de plantation d'arbre à proximité d'un réseau existant, ce dernier doit être protégé à l'aide d'un film 100 % polypropylène, de grammage supérieur à 300 g/m². En cas d'implantation d'un réseau auprès d'arbres existants, il doit être protégé à l'aide de « film plastique, demi-coquilles ou fourreaux ». En pratique, ces prescriptions sont difficilement applicables car trop peu de solutions correspondant à ces critères existent sur le marché. En outre, leur efficacité n'a pas été démontrée à ce jour par le retour d'expérience et reste théorique. De la recherche et développement serait nécessaire dans ce domaine,



Prescriptions pour la protection des réseaux en situation de cohabitation avec des arbres : en cas de plantation d'arbres (gauche) ou de pose d'un nouveau réseau (droite). / NF P98-332 « Chaussées et dépendances – Règles de distance entre les réseaux enterrés et règles de voisinage entre les réseaux et les végétaux », AFNOR, février 2005

notamment pour faire évoluer ces solutions commerciales en fonction des dernières connaissances sur le comportement des racines, qui nous apprennent par exemple qu'un obstacle d'une grande rugosité ralentit mieux l'allongement racinaire qu'un obstacle lisse (cf. 2.2 p. 32).

Outre la norme NF P98-332, le **Guide d'application de la réglementation DT-DICT**, dans son fascicule 2 (p. 94) [59], donne les prescriptions techniques en matière de distance et de dispositifs de protection dans le cadre de plantations d'arbres proches de réseaux enterrés : « La plantation d'un arbre nécessite de réaliser une DT-DICT et doit s'effectuer en respectant une **distance de 50 cm entre l'extrémité des racines et les canalisations** (en tenant compte du développement futur de l'arbre). Un **film polypropylène** pourra être interposé entre les racines et la canalisation ». Ces prescriptions, cohérentes avec le paragraphe 4.4 de la NF P98-332, fixent de fait **la distance minimale entre le réseau et le dispositif pare-racine à 50 cm**.

Au sens de la NF P98-332, **la protection des racines en place** consiste en l'interdiction de couper des racines d'un diamètre excédant 5 cm. En cas de taille accidentelle, le gestionnaire de l'arbre doit être averti.

La norme ne mentionne pas le cas de la reprise d'aménagements qui lui sont antérieurs, pour lesquels la cohabitation arbres-réseaux fonctionnait, mais où il est désormais impossible de replanter après la disparition des arbres. Ces situations sont sources de tensions sur le terrain : le projet politique (végétalisation et canopée) se heurte alors aux prescriptions normatives, nécessitant d'adapter le projet. Cela peut faire l'objet d'une convention ponctuelle, de l'application d'un protocole local, ou encore d'un contentieux en cas de désaccord.

NF P98-332 : précisions et perspectives

La norme **NF P98-332 est d'application volontaire, mais peut être rendue obligatoire** par des textes spécifiques aux catégories d'ouvrages concernés. C'est le cas des réseaux de distribution de gaz, qui sont soumis à cette norme, citée dans le cahier des charges Association française du gaz – Règles techniques et essais des canalisations de distribution de gaz (AFG – RSDG) 4 du 15 décembre 2002 [60] : « Voisinage des réseaux de distribution de gaz avec les autres ouvrages ». Les RSDG sont validées par la Direction générale de prévention des risques (DGPR), en application de l'arrêté du 13 juillet 2000 [4] modifié, approuvé par le ministre chargé de la sécurité du gaz. C'est l'arrêté du 18 octobre 2023 [61] qui porte approbation de ce cahier des charges. Par cette arborescence juridique, cette norme intègre les marchés de travaux de tous les concessionnaires de réseaux de gaz et leurs prestataires, qui sont obligés de suivre ses dispositions.

Un concessionnaire peut aussi décider de prescrire cette norme dans l'ensemble des CCTP et ainsi l'imposer lors des opérations de gestion des réseaux, comme c'est le cas chez Enedis (électricité). En outre, cette norme peut aussi figurer dans le règlement de voirie d'une collectivité, comme c'est le cas dans ceux des Métropoles de Rennes ou de Bordeaux. Ce dernier stipule par exemple que « l'intervenant est tenu de respecter les normes en vigueur, notamment la norme NF P98-332 » dans le cadre de l'implantation des réseaux [62].

Ainsi, dans les faits, cette norme est quasi systématiquement rendue obligatoire par un moyen ou un autre. Intégrer la NF

P98-332 à la liste nationale des normes obligatoires permettrait d'uniformiser son application et la rendrait opposable en cas de non-respect des prescriptions, mais pourrait compliquer les nouveaux projets auprès d'arbres ou de réseaux existants.

D'autres normes encadrent les interventions à proximité des réseaux enterrés, mais compte-tenu de l'ancienneté des textes et de leurs objectifs, le sujet de l'arbre en est absent (ex. NF S70-003-1 « Travaux à proximité de réseaux », « Partie 1 : Prévention des dommages et de leurs conséquences ») [7] ou renvoyé à la NF P98-332 (ex. : NF P98-331 « Chaussées et dépendances – Tranchées : ouverture, remblayage, réfection ») [9]. La révision de ces textes ou un renvoi systématique vers la NF P98-332 serait pertinent.

La NF P98-332 est entrée en révision fin 2024, avec pour finalité de préciser les prescriptions relatives aux situations de cohabitation entre plantations et réseaux enterrés. Les travaux sont coordonnés par la Commission de normalisation des aménagements de voirie et espaces publics (CN AVEP), qui dépend du Bureau de normalisation des transports, des routes et de leurs aménagements (BNTRA), lui-même part de la direction du Cerema : Infrastructures de transports et matériaux. La CN AVEP est constituée d'experts issus d'organismes privés et publics. En particulier, la révision de la NF P98-332 mobilise plusieurs grandes collectivités (gestionnaires de patrimoine arboré, de voirie, ou membres de BE internes) et des représentants de certains concessionnaires réseaux nationaux (directions techniques de GRDF, Enedis et Orange). Le chantier de révision comporte deux axes de travail :

- **Préciser les conditions de recours à un protocole local**, négocié entre les parties concernées. Ce travail, coordonné par une représentante de la Ville de Mulhouse, consiste à faciliter le recours à de tels protocoles et à en expliciter le contenu à l'aide d'un fascicule additionnel comportant un plan type et des recommandations.

- **Réviser les distances réseaux-plantations et développer les principes d'une protection réciproque**, c'est-à-dire mieux protéger à la fois les arbres et les réseaux en situation de cohabitation. En particulier, permettre de planter plus près des réseaux tout en les protégeant efficacement, mieux cibler les solutions pare-racines prometteuses, mieux respecter les racines durant les chantiers et introduire de nouvelles dispositions concernant les grands arbustes. Ces travaux sont coordonnés par Plante & Cité.

Le projet de norme aboutira début 2026, et comme toutes les normes AFNOR, la nouvelle NF P98-332 sera réexaminée tous les 5 ans pour évaluer le besoin d'une nouvelle révision. Le statut de chaque norme peut être retrouvé sur le site <https://norminfo.afnor.org>.

Mettre en œuvre : des réflexions pour sécuriser les interventions

Des prescriptions techniques pour les travaux à proximité des réseaux et des arbres

Les collectivités peuvent prescrire des préconisations opérationnelles, par vote (arrêté préfectoral à l'assemblée départementale) ou par annexe de document technique (règlement écrit du PLU, règlement de voirie). Il peut s'agir d'un règlement [63], d'un guide de conduite de travaux à

proximité d'arbres [64], d'une charte de l'arbre [65] ou encore d'un barème de l'arbre [66].

Au niveau des marchés de travaux publics, les prescriptions techniques, administratives, financières et juridiques citées dans les documents contractuels s'imposent et sont reconues par arrêtés. Les cahiers des charges signés par les prestataires des travaux, notamment le **CCTP et le cahier des clauses administratives particulières (CCAP)**, peuvent formaliser des clauses « Arbres » ou « Réseaux » : annexe de **documents locaux de protection des arbres** (guides et chartes), de **fascicules techniques** (cahier des clauses techniques générales [CCTG]) et de **normes** spécifiques (NF P98-332). En cas de violation ou de non-respect, la partie défaillante peut voir sa responsabilité contractuelle engagée.

Le CCAP définit les dispositions administratives, y compris le régime des pénalités si les dispositions techniques n'ont pas été respectées. Pour les dégâts causés aux arbres, ces pénalités sont liées à l'évaluation des dégâts via un barème dédié (ex. : VIE/BED ou barème local).

Le CCTG de travaux de génie civil fixe « les dispositions techniques applicables à toutes les prestations d'une même nature » (article R2112-2 du Code de la commande publique [67]). Il annexe notamment des fascicules techniques approuvés par arrêtés ministériels (cf. annexe de l'arrêté du 7 octobre 2021 [68]). Le CCTG n'est « applicable qu'aux marchés qui s'y réfèrent » (*ibid.* [68], article 3), c'est-à-dire que le maître d'ouvrage peut décider de faire référence à certains fascicules rendus obligatoires par la signature d'un contrat dans le cadre d'un marché.

Ainsi, **le fascicule 35 du CCTG de travaux de génie civil**, « Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air » (UNEP [69], approuvé par l'arrêté du 7 octobre 2021 [68]), liste des préconisations pour les plantations d'arbres. Il mentionne dans son article J.10 le sujet de la cohabitation arbres-réseaux par « l'étude des réseaux existants » au moment de la « reconstitution et de la préparation des sols destinés à accueillir la végétation ».

Dans le **fascicule 71** du même CCTG, nommé « Fourniture, pose et réhabilitation de conduites d'eaux à écoulement sous pression » (AFNOR, 2021a. [70], approuvé par l'arrêté du 7 octobre 2021 [68]), il est question de **notice de respect de l'environnement (NRE)** (section 3.3.2.1) pour synthétiser les données et le contexte d'un projet selon la sensibilité du milieu.

Les maîtres d'œuvre engagés dans une démarche environnementale peuvent établir une **NRE** en phase de consultation. Ce document, inclus dans le **DCE**, synthétise « (i) les contraintes environnementales, et les sites où ces mesures doivent s'appliquer, (ii) la nature des démarches administratives devant être assurées par le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre ou le titulaire du marché et (iii) les exigences en matière de *management* et de suivi de l'environnement. » (*Guide d'harmonisation des CCTG* du Groupe d'études des marchés ouvrages, travaux et maîtrise d'œuvre [GEM OTM] 2014, p. 48) [71]. La NRE permet au titulaire du marché de travaux d'établir en conséquence un **schéma d'organisation du plan de respect de l'environnement (SOPRE)** (ou schéma d'organisation environnemental, ou schéma d'organisation du plan d'assurance environnement) pour définir dans son offre les principales dispositions projetées. Si le titulaire est

retenu, le SOPRE devient une pièce contractuelle qui aboutit au **plan de respect de l'environnement (PRE)** pour détailler les risques environnementaux liés au chantier et les dispositions prises en phase d'exécution pour les éviter ou les atténuer (cf. partie « Synoptique des responsabilités et production documentaire en matière d'Environnement » [71] p. 32-33). Le PRE peut être actualisé selon l'avancement des travaux, en fonction de l'apparition de nouvelles contraintes.

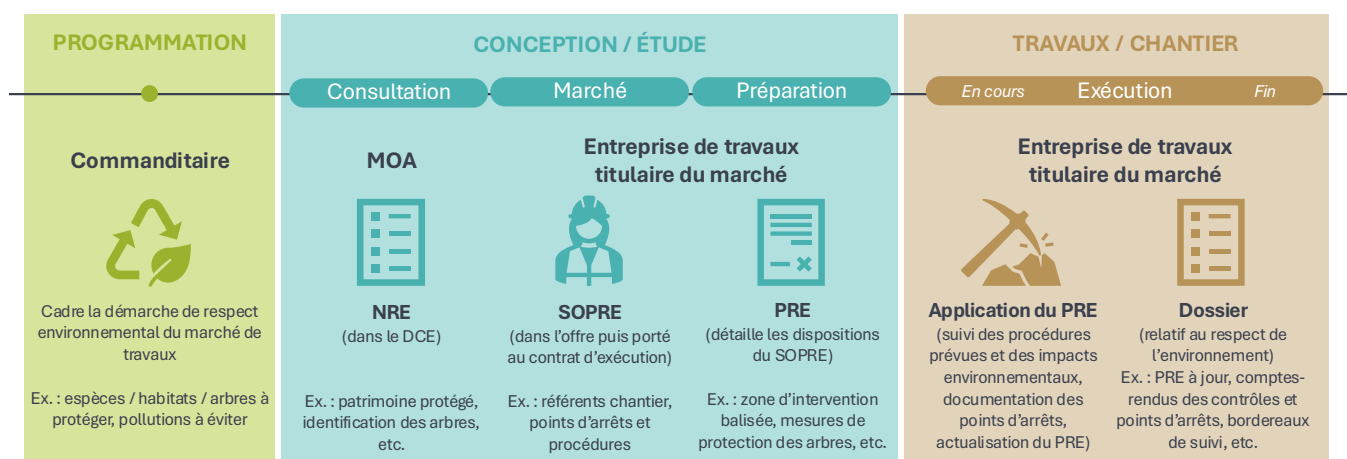
Il est conseillé aux candidats à un marché public de se doter d'une NRE afin d'exposer les moyens mis en œuvre par l'entreprise pour minimiser son impact sur l'environnement. Sans être obligatoire, ce document peut être déterminant pour le commanditaire dans le choix de ses prestataires, et notamment pour préserver des arbres dans le cadre de projets de travaux, puisque la protection de l'environnement est intégrée tout le long d'un marché de travaux (article 7 du cahier des clauses administratives générales [CCAG] Travaux [72]). Le PRE peut lister les points d'arrêt en phase chantier, prédéfinis dans le cadre d'une NRE, dont ceux relatifs à la préservation du patrimoine arboré : identification des arbres, balisage de la zone d'intervention, suivi d'une procédure d'intervention spécifique à proximité d'arbres protégés, etc.

Dans le cadre de la **réglementation DT-DICT**, l'arrêté du 27 décembre 2016 [6], complété par la décision du 2 décembre 2019 [73], approuve les prescriptions techniques relatives à l'exécution de travaux à proximité de réseaux, qui sont énoncées dans l'article R554-29 du Code de l'environnement [74], sous la forme d'un Guide d'application de la réglementation composé de **trois fascicules** : « Dispositions générales » [75], « Guide technique des travaux » [59] et « Formulaire et autres documents pratiques » [76]. L'arbre y est cité dans le fascicule 2 [59] pour ce qui a trait aux **plantations** (cf. 3.2 p. 69) et aux **essouchages** à proximité de réseaux. Ces derniers, tout comme les plantations, doivent être précédés d'une déclaration DT-DICT « pour identifier les réseaux souterrains présents dans les sols afin d'adapter les techniques d'intervention et les outils des opérateurs » (fiche n° TX-OTR-5 [59]). Il serait pertinent d'intégrer des mesures de protection des arbres et des racines dans ce fascicule 2. À titre d'exemple, il comporte une partie AT-TED préconisant l'usage d'une aspiratrice-excavatrice pour terrasser à proximité de réseaux enterrés, qui pourrait mentionner le même usage pour les réseaux racinaires.



Le cas spécifique de la lutte contre le chancre coloré du platane

L'arrêté du 22 décembre 2015 [77] relatif à la lutte contre *Ceratocystis platani*, agent pathogène du CCP, vise à limiter sa propagation pour protéger le patrimoine arboré. L'abattage prophylactique* (préventif) étant préconisé, l'atteinte à l'arbre et à ses racines est permise dans le strict respect des prescriptions techniques spécifiques à la prise en charge de ce pathogène (incinération sur place des organes contaminés afin de limiter la propagation de la maladie, désinfection des outils et engins avec des produits biocides homologués à cet usage, etc.) [78] [79].



Déroulé simplifié de la démarche environnementale en phase de consultation des entreprises. / C. Courtant

Les avis de travaux urgents

En cas d'intervention urgente sur arbres ou sur réseaux enterrés, il est possible de recourir à des **ATU**. Selon l'annexe 1-2 de l'arrêté du 15 février 2012 modifié [14] et la notice explicative Cerfa n° 52058 qui le complète [80], l'ATU est « à remplir par le commanditaire des travaux ou par son représentant. Il doit comporter toutes les indications nécessaires à la justification de l'urgence des travaux ». D'après les articles R554-32 [81] et R554-33 [82] du Code de l'environnement, le commanditaire recueille auprès des exploitants des ouvrages sensibles pour la sécurité, préalablement aux travaux et après consultation du guichet unique, les **informations utiles pour que les travaux soient exécutés dans les meilleures conditions de sécurité**. La protection des arbres et des réseaux enterrés durant les chantiers est alors mise en œuvre au cas par cas selon la capacité des collectivités à mobiliser des moyens techniques, humains et financiers.

Gérer la cohabitation : de l'identification des dommages à l'indemnisation des dégâts

La gestion des **conflits de cohabitation** entre les racines des arbres et les réseaux enterrés n'est pas encadrée spécifiquement par la loi. Ils sont réglés au cas par cas par les acteurs terrain, au regard du cadre juridique en vigueur et des prescriptions locales. Les paragraphes suivants détaillent quelques types de situations conflictuelles et le cadre juridique associé.

Un trouble anormal de voisinage avec dommages avérés

En cas de trouble anormal de voisinage relevant d'un problème de cohabitation entre les racines d'un arbre et les réseaux enterrés (ex. : dégâts causés aux racines dépassant de la propriété voisine lors de travaux sur réseaux ou dégâts causés aux réseaux par les racines d'un arbre voisin), l'article 673 du Code civil [12] **autorise la coupe d'organes de l'arbre (dont les racines) à la limite de propriété, sous réserve que l'arbre ne dépérisse pas à terme**. Cette formulation pousse à solliciter une expertise arboricole afin de statuer au cas par cas des conséquences possibles de l'intervention envisagée.

Des plantations empiétant sur la voirie

D'après l'article R116-2 du Code de la voirie routière [83], le **dépassement non autorisé de tout ou une partie d'arbres**

ou de haies à moins de 2 m de la limite du domaine public routier est sanctionnable. Cet article semble viser les arbres dans leur ensemble (troncs, branches et racines) au sens de la réponse à la question écrite n° 2421 (M. Masson, JO Sénat Q 14 juin 2018, p. 2 995) [84]. En revanche, l'usage potentiellement abusif de cet article pour justifier d'abattages d'arbres dans le cadre de projets de VRD/TP est sujet à discussion et nécessite l'encadrement par une expertise arboricole.

Une destruction ou dégradation du bien d'autrui

L'article L322-1 du Code pénal [85] condamne « **la destruction, la dégradation ou la détérioration du bien d'autrui** ». Comme la nature du bien n'est pas précisée, on peut supposer que le **litige est applicable autant à un réseau qu'à un arbre**, que ce



Une dégradation de réseaux privés par les racines d'un arbre public

Un propriétaire privé a donné l'alerte d'un dysfonctionnement d'écoulement de ses EU ainsi que du revêtement de sol soulevé par les racines d'un arbre public (platane). Le terrassement à l'aspiratrice a révélé qu'une racine de 10 cm de diamètre et 6 m de long s'est engouffrée dans la tranchée de réseaux remplie de sable. Elle a envahi les tuyaux d'EU et a aussi enserré les tuyaux d'AEP et de gaz. Pour éviter des dégâts futurs, un ATU a permis de couper proprement et nettement la racine au droit de la limite de propriété et de poser une barrière anti-racines étanche en préventif (ciment coulé face barrière côté riverain). Le propriétaire n'a pas pu être dédommagé des sinistres du fait du principe d'antériorité, c'est-à-dire que le platane avait été planté en 1992, avant la construction de l'habitation.



Canalisation de gaz enserrée dans une racine de platane à Nantes (2022). / F. Freytet

soit sur l'espace privé ou sur l'espace public. Il appartient au juge d'apprécier la nature du dommage, en s'appuyant sur d'éventuelles expertises préalables. C'est dans ce cadre qu'un **barème de l'arbre** peut intervenir, s'il a été préalablement adopté par délibération de la collectivité ou cité dans une pièce contractuelle. La condamnation fixée par l'article 322-3-1 [86] du même code est d'autant plus sévère si les arbres sont protégés au PLU.

Toutefois, si un dommage est causé par une racine sur un réseau, il est parfois difficile d'arbitrer entre les arguments suivants : (i) la racine a occasionné la destruction du réseau qui est le bien d'autrui et (ii) les plantations contribuent à l'intérêt de la voirie [57]. Le juge mettra en balance les différents intérêts, tenant compte d'éventuels protocoles locaux de cohabitation et des diagnostics arboricoles et VRD. En effet, il n'est pas toujours évident de remonter à l'origine des dégâts lorsque les arbres ou les réseaux ont été implantés il y a des dizaines d'années, sans archivage des données ni prescriptions spécifiques (ex. : aménagement antérieur à la NF P98-332).

Le recours à l'expertise peut donc éclairer sur l'origine des dégâts. Par exemple, pour le cas où une racine aurait dégradé un réseau, le diagnostic de ce dernier (matériaux et ancienneté) pourrait révéler que son état fragile était favorable à l'invasion racinaire (ex. : canalisation d'assainissement fissurée).

Pour les cas spécifiques où des arbres sont plantés trop proches de réseaux d'assainissement d'EP et où leurs racines envahissent les regards, le propriétaire de l'arbre est tenu responsable s'il n'a pas respecté les distances relatives prescrites. Mais que faire s'il les a respectées, ou plus souvent encore, s'il n'existait aucune prescription au moment de la plantation ? Dans ces deux derniers cas, on parle de **responsabilité sans faute du propriétaire** : la victime n'a alors pas besoin de prouver la faute pour obtenir réparation et doit simplement démontrer la cause du préjudice. En cas de dommage constaté et reconnu par la juridiction, celle-ci peut enjoindre le responsable à réparer le dommage, matériellement et/ou financièrement.



Des abattages motivés par des risques pour les piétons et les canalisations à Montpellier

À Montpellier, des riverains ont saisi le juge des référés afin de suspendre l'abattage de 35 pins par les services de la métropole. Le Conseil d'État, en son arrêt du 31 décembre 2024 [87], précise que « si les 35 arbres [...] ne présentent pas de risques phytosanitaires, ils présentent en revanche des risques avérés, compte tenu de leurs systèmes racinaires, pour la sécurité des personnes circulant sur les trottoirs et la voie publique ainsi que pour les réseaux de canalisation, ayant fait l'objet de signalements de la part de riverains et usagers de la rue. » Si les atteintes aux revêtements sont évidentes au vu de l'état de la chaussée, l'arrêt ne précise pas en revanche comment les atteintes aux canalisations ont été appréciées. Le texte indique en outre que « l'abattage prévu fait l'objet de mesures de réduction de ses conséquences, notamment sur la faune, et de mesures de compensation,

avec la replantation de 37 arbres d'essences diversifiées [...] et de 16 arbres dans la rue voisine, auxquels s'ajoute la plantation d'une strate arbustive [...] ».

Compte tenu de ces éléments, et bien que les arbres concernés soient protégés au titre de l'article L350-3 du Code de l'environnement, le juge autorise leur abattage. Selon le Conseil d'État, il n'y a, en l'espèce, pas d'atteinte grave ni illégale à l'article premier de la Charte de l'environnement, stipulant que « chacun a le droit de vivre dans un environnement équilibré et respectueux de la santé ». La sécurité des biens et des personnes prime ainsi sur cette liberté fondamentale, et constitue en cela une limite à la cohabitation entre racines et réseaux.



Racines de pins dont les riverains demandent l'abattage, perturbant les revêtements et générant des difficultés de circulation notamment pour piétons et cyclistes. / Via Google Streetview * Google 2025

Réseaux enterrés		Arbres / Racines
Représentation dans le droit français	<ul style="list-style-type: none"> • décrets [1] [2] ; • arrêtés [3] [4] [5] [6] ; • normes [7] [8] [9] [10]. 	Très représentés, liste non exhaustive <ul style="list-style-type: none"> • arbre = « bien immeuble » [11] ; • coupe d'arbres [41] et de racines [12] en limite de propriété. → Amélioration de la législation de l'arbre hors-forêt [13]
Trame d'un projet impliquant des arbres et des réseaux enterrés : ANTICIPER, CONCEVOIR, METTRE EN OEUVRE, GÉRER		
ANTICIPER Connaître et protéger l'existant Former et sensibiliser	A) Procédure DT-DICT [14] B) Réforme anti-endommagement : <ul style="list-style-type: none"> • localisation précise [5] ; • guichet unique [14] [15] [18] ; • PCRS [16] [17] ; • sécurité (dont AIPR) [18] [19] [20] [21] [22] [23]. C) Sanctions en cas de non-respect de la procédure DT-DICT [24] [25]	A) Inventorier le patrimoine arboré (outils variables) → Inscrire les arbres au guichet unique ? [26] B) Argumenter : létalité des dégâts aux racines [Jurisprudence [27] C) Protéger les espaces plantés, arbres et racines : <ul style="list-style-type: none"> • arbres d'allées et d'alignement de voirie publique [28] [29] [30] [31] ; • EBC [32] et sols classés [33] ; • éléments de paysage [34] [35] [36] ; • OAP [37] ; • Charte de l'environnement [38] ; • Code civil « préjudice écologique » [39] ; • séquence ERC [42] [43] [44] [45] [46] [47] [48]. D) Former : chartes/guides locaux → « AIP-Arbre » nationale ?
CONCEVOIR Penser la cohabitation arbres-réseaux enterrés en amont des projets	A) Identifier les zones de servitude du domaine public occupé : <ul style="list-style-type: none"> • occupation du domaine public [49] [50] [51] ; • servitudes fortes et faibles [52] [53] [54], lien avec le PLU [55]. B) Hiérarchiser les enjeux dans l'intérêt du domaine public occupé : <ul style="list-style-type: none"> • jurisprudences : responsabilité économique des concessionnaires [56], arbres reconnus dans l'intérêt de la voirie [57]. C) Aménager la cohabitation spatiale : <ul style="list-style-type: none"> • distances et protections : norme NF P98-332 [8] → révision à la réalité biologique des arbres ? ; • cadre obligatoire de la normalisation française (arrêtés [4], CCTP, règlement de voirie [62], ex. du gaz [60] [61]) ; • prescriptions techniques en phases étude/conception et travaux : <ul style="list-style-type: none"> - collectivités territoriales : conseils départementaux (vote arrêtés préfectoraux) ; PLU c, i, m, annexe de documents techniques (règlement [63], guide [64], charte [65], barème de l'arbre [66], etc.) ; - documents contractuels des marchés publics : CCTG [67] [68] (fascicules [69] et [70]), CCTP (clauses spécifiques ou annexe de documents techniques des collectivités), NRE [71] [72] ; - réglementation DT-DICT [6] [73] [74] : trois fascicules [75] [59] [76] → Intégrer des clauses « Arbres » ? ; 	
METTRE EN ŒUVRE Les bonnes pratiques d'intervention	- ATU [80] [81] [82].	- plantations, abattages/essouchages proches de réseaux : DT-DICT [59] ; - prophylaxie CCP [77] [78] [79].
GÉRER Dégâts et réparations	<ul style="list-style-type: none"> • trouble anormal de voisinage [12] ; • plantations qui empiètent sur la voirie [83] [84] ; • destruction, dégradation ou détérioration du bien d'autrui [85] [86]. 	

Synthèse du cadre juridique et réglementaire à l'interface arbres-réseaux enterrés.
 Les textes en violet avec flèche représentent les perspectives d'évolution du cadre juridique et réglementaire. / Plante & Cité

Un cadre juridique perfectible, mais adaptable

Pour conclure, le cadre juridique actuel aborde de nombreux aspects des droits et devoirs des propriétaires/gestionnaires d'arbres comme de réseaux enterrés. Certains points restent cependant nébuleux ou nécessiteraient des évolutions. Malgré tout, le droit ménage plusieurs espaces d'interprétation et permet des adaptations. Le volume 2 de ce guide, à paraître, met en lumière des initiatives réglementaires locales permettant de prévenir les problèmes de cohabitation entre arbres, racines et réseaux enterrés, dans le cadre de projets d'aménagement et d'opérations de gestion.



Pour aller plus loin

→ DICTservices, 2019. **Comprendre la réglementation anti-endommagement**. [infographie] – <https://www.dictservices.fr/infographie-reglementation-dict>

→ **Observatoire national DT-DICT – médiathèque**. <https://www.observatoire-national-dt-dict.fr/documents-a-partager/>

→ **Protéger les arbres sur l'espace public et privé**. 37^e ArboRencontre de Seine-et-Marne. CAUE 77. Combs-la-Ville, 5 octobre 2023 [11 vidéos et diaporamas] <https://www.arbrecaue77.fr/content/1-protéger-les-arbres-sur-l-espace-public-et-prive>

→ Bonnardot A., Dutertre G., Touzé O., 2023. **Plaidoyer pour une loi arbres « hors forêt » : propositions d'évolution législative pour les arbres des villes, des villages et des campagnes**. CAUE 77, 20 p. <https://www.arbrecaue77.fr/content/plaidoyer-pour-une-loi-arbres-hors-foret>

Pradines C., Sellier Y. (ill.), ALLÉES – AVENUES / allées d'avenir /, 2023. **Protection des allées d'arbres en France : mémento pour l'application de l'article L350-3 du Code de l'environnement**. 74 p. <https://www.allees-avenues.eu/memento>

Compétition, dégâts réciproques : les causes et conséquences des cohabitations problématiques

- Un conflit de cohabitation entre racines et réseaux peut se manifester aux **différentes phases d'un projet d'aménagement**, en particulier en **contexte de voiries urbaines**. Plusieurs types de dégâts aux arbres (directs ou indirects) sont particulièrement fréquents lors des travaux. Ils peuvent tous conduire à la **mort de l'arbre**, induisant alors des **risques pour la sécurité** des biens et des personnes.
- À l'inverse, les **racines peuvent s'infiltrer dans les réseaux ou les utiliser comme tuteurs**, générant obstructions, décalages et cisaillements. Ces dégâts sont identifiés par la perturbation de service, avec des conséquences plus ou moins dangereuses selon la sensibilité du réseau concerné (fuites, explosions, déversements de polluants, etc.). Des réseaux anciens ou abimés créent un environnement propice à l'invasion racinaire.
- Les différents acteurs déclarent **manquer de connaissances** sur l'arboriculture et sur les dégâts occasionnés aux racines et aux réseaux. Les améliorer favoriserait la prise en compte des potentiels problèmes de cohabitation, même si d'autres freins peuvent expliquer les situations problématiques, notamment **l'encombrement du sous-sol**.

Le cadre juridique à l'interface des arbres et des réseaux enterrés

- Quantités de **lois, ordonnances, décrets, arrêtés, décisions et normes** sont délivrées selon les types de réseaux et d'interventions, tandis que les arbres ne sont pas définis en tant qu'êtres vivants par la loi, mais comme des **biens immeubles**. Des textes les protègent, mais les racines sont rarement mentionnées, même si leur protection est parfois sous-entendue.
- Un moyen efficace de protéger les arbres pour une collectivité est d'inscrire leur protection dans son **PLU**. Les **régimes de protection des espaces plantés** sont également essentiels, mais pas infaillibles, puisque les racines peuvent s'étendre au-delà des zones définies. **L'évolution du cadre législatif** est donc un levier essentiel pour mieux orchestrer leur cohabitation avec les ouvrages souterrains.
- Pour que la cohabitation arbre-réseaux se déroule au mieux, il est nécessaire de former les acteurs à la **protection de l'existant** et de penser la cohabitation arbres-réseaux **en amont des projets**. La réforme anti-endommagement des réseaux a apporté plusieurs outils permettant d'améliorer leur protection, notamment leur meilleure **localisation** et la procédure DT-DICT via le **guichet unique**. Les mêmes avancées seraient bénéfiques pour les arbres, et sont d'ailleurs expérimentées par certaines collectivités.
- En cas de contentieux, l'arbitrage juridique et technique prend en compte **l'intérêt du domaine public occupé** pour établir la priorité du projet d'aménagement. L'intérêt des réseaux est indiscutable, et a jusqu'à présent souvent primé, cependant la jurisprudence évolue et il n'est pas toujours prioritaire. La **gestion des conflits de cohabitation** n'est pas encadrée spécifiquement par la loi et se fait au **cas par cas**, parfois à la lumière d'expertises ciblées.



Annexes

Racines de platane qui se sont développées entre les pavés et la sous-couche sableuse, recherchant air et humidité (Paris). / J.-P. Tessier

Glossaire

Affleurants : Équipements visibles en surface associés aux réseaux enterrés.

Alcalin : Se dit d'un sol basique, c'est-à-dire dont le pH est supérieur à 7 ou 7,5 selon les sources. Ce terme désigne notamment les sols urbains anthropisés riches en calcaire.

Amendements organiques, amendé : En agriculture, désignent des « matières composées, principalement de combinaisons carbonées, d'origines végétales (composts) ou animales et végétales en mélange (fumiers), destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de matière organique du sol et à l'amélioration de ses propriétés physiques, chimiques et/ou biologiques » (AFNOR, 2006. Norme NF U44-051 d'application obligatoire).

L'amendement doit être apporté dans les horizons* superficiels du sol, c'est-à-dire ne pas dépasser 30 cm de profondeur au risque que la matière organique se décompose de manière anaérobie et limite la respiration racinaire. Un amendement peut aussi être minéral par l'ajout de matériaux granulaires (argile ou vermiculite expansée, sable volcanique, perlite) afin de modifier la porosité, la perméabilité ou la portance d'un substrat.

Il existe aussi des amendements minéraux basiques (carbonates, oxydes, hydroxydes et/ou de silicates associés à du calcium et/ou du magnésium) dont l'objectif est de maintenir ou d'élever le pH du sol et d'en améliorer les propriétés physiques.

Anthroposols : Sols résultants à la fois d'activités anthropiques sur une certaine profondeur (apport de matériaux exogènes, décapage, compaction, contamination ou fertilisation intense) et des facteurs de la pédogenèse (ex. : temps, climat, activité biologique, topographie). On les trouve souvent en milieu urbain, mais aussi dans des conditions particulières, en milieu rural. Les anthroposols peuvent être :

- **transformés** : résultant d'une activité humaine intense sur des sols d'origine naturelle en zone rurale ;
- **archéologiques** : résultant d'une activité humaine datée ;
- **artificiels** : fabriqués par l'Homme par l'apport de matériaux de construction, industriels et artisanaux, technologiques, déchets, dépôts terreux, etc. Ils sont souvent très compacts et pauvres en éléments nutritifs ;
- **reconstitués** : fabriqués par l'Homme à partir de matériaux pédologiques transportés ;
- **construits** : fabriqués par l'Homme à partir de matériaux technologiques à des fins de végétalisation.

Bourrelet de recouvrement : Ensemble de tissus formés par le développement du bois et de l'écorce autour d'un espace vide laissé par une blessure ayant endommagé et mis à nu une partie du bois d'un arbre.

Capacité d'échange cationique (CEC) : Pouvoir fixateur en cations (chargés positivement) du sol. Elle varie selon la teneur en argiles et en matières organiques (chargées négativement), ainsi qu'en fonction du pH. Plus ce dernier est acide, plus la CEC diminue.

Couche de forme : Couche de sol rapportée ou traitée en place, destinée à constituer une assise satisfaisante pour une route ou une voie ferrée (portance et homogénéité), lorsque le sol existant ou le remblai* utilisé ne présente pas les qualités suffisantes. Permet également de supporter le trafic de chantier (Le dictionnaire professionnel du BTP. Éditions Eyrolles, 2023).

Débourrement : Moment de l'année où les bourgeons végétatifs et floraux des arbres se développent pour laisser apparaître leur bourre (terme désignant le duvet et les jeunes feuilles et fleurs enfouies dans les bourgeons de nombreux arbres), puis leurs feuilles et fleurs.

Déclaration d'utilité publique (DUP) : Procédure administrative qui s'applique dans le cadre d'un projet d'aménagement sur terrain privé nécessitant son expropriation pour motif d'utilité publique. La DUP est précédée d'une enquête publique pour avis des intéressés ainsi que d'une étude d'impact, puis elle est votée par arrêté préfectoral ou par décret au Conseil d'État (articles L121-1 à L122-7 du Code de l'expropriation pour cause d'utilité publique).

Densité apparente : Rapport entre la masse de sol sec et le volume total du sol, c'est-à-dire le volume des particules du sol plus le volume vide entre les particules et le volume des pores. La densité apparente n'est donc pas une propriété intrinsèque du matériau, mais dépend de son état, puisque le volume peut varier en fonction du degré de compactage.

Dispositif avertisseur : Bande ou grillage de couleur spécifique au type de réseau, posé au-dessus de la canalisation et des branchements lors des travaux de remblayage de la tranchée. Ses caractéristiques sont fixées par la norme française et européenne NF EN 12613 (AFNOR, 2021).

Eutrophisation : Processus par lequel un milieu aquatique devient excessivement enrichi en nutriments (nitrates et phosphates), favorisant le développement abondant d'organismes opportunistes (plantes et algues).

Génératrice : En relation avec un réseau, terme qui désigne la courbe de la canalisation déterminant la ligne ou le plan qui lui est tangent. Ainsi, la génératrice supérieure correspond à la limite supérieure de la canalisation. Une inter-distance peut ainsi se mesurer entre génératrices extérieures, latérales, ou autres, selon la position des réseaux dans le sol.

Horizons : Différentes couches d'un sol, distinctes par leur composition et leur épaisseur.

Hydromorphie : Qualité d'un sol qui montre des marques physiques de saturation régulière en eau (généralement durant l'hiver).

Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) : Établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle du ministère chargé de l'environnement. Sa mission réside en la maîtrise des risques technologiques.

Marquage-piquetage : Étape obligatoire en amont des travaux, qui permet de matérialiser le type et la géolocalisation des réseaux enterrés, en altimétrie et en planimétrie, jusqu'à 2 m au-delà de l'emprise des travaux. Différents outils et techniques sont utilisés selon les contraintes du site (notamment en contexte de voirie) : tracé* au sol (couleur, symboles), clou marqueur, bornes, piquets, etc. Cette étape est encadrée par le chef de projet, effectuée par l'exécutant des travaux ou l'exploitant, et aboutit à un compte-rendu cosigné par les parties en présence.

Norme : D'après l'AFNOR, cadre de référence qui vise à fournir des lignes directrices, des prescriptions techniques ou qualitatives pour des produits, services ou pratiques au service de l'intérêt général. Elle est le fruit d'une coproduction consensuelle entre les professionnels et les utilisateurs qui se sont engagés dans son élaboration. Lorsqu'elle est d'application volontaire, toute organisation peut ou non s'y référer de façon contractuelle. Autrement, les normes peuvent être rendues obligatoires par arrêté signé du ministre chargé de l'industrie et du (ou des) ministre(s) intéressé(s) (article 17 du décret n° 2009-697). Le tableau qui les recense est consultable sur le site de l'AFNOR.

Plantule : Jeune plante ou embryon issu de la germination d'une graine. Premier stade de développement du végétal.

Profils de sol, profils pédologiques : Ensemble des horizons composant un sol, de sa surface à la roche-mère. Le nombre d'horizons, leur épaisseur, leur couleur et leur composition varient selon la nature des roches qui composent le sol.

Prophylaxie : Ensemble des moyens mis en œuvre pour prévenir l'apparition, l'aggravation ou l'extension des maladies, incluant les traitements, vaccinations et mesures préventives.

Remblai : Volume de matériaux de terrassement mis en œuvre par compactage et destinés à surélever le profil d'un terrain ou combler une fouille (*Le dictionnaire professionnel du BTP*. Éditions Eyrolles, 2023).

Remblayage : Mise en œuvre du remblai dans la zone comprise entre le fond de fouille (niveau le plus bas excavé) et la structure de chaussée (AFNOR, 2020. NF P98-331).

Réseaux fuyards : Se dit notamment de réseaux humides ayant perdu leur étanchéité et laissant échapper eau ou humidité dans leur environnement proche.

Retrait-gonflement : Diminution (ou augmentation) du volume du sol par départ (ou apport) d'eau. Peut provoquer des changements de pression dans les sols et occasionner des déformations des ouvrages. Les argiles, limons et marnes sont en particulier concernés par ce phénomène.

Servitude : Limitation des prérogatives attachées au droit de propriété des immeubles. En droit administratif, des contraintes sont alors imposées aux propriétaires dans un but d'utilité publique (par exemple l'accès à l'électricité), on parle alors de servitude d'utilité publique. Voir aussi « **Zones de servitude** ».

Sols anthropisés : Voir « **Anthroposols** »

Structure (d'un sol) : Résulte de l'assemblage des matières minérales organiques. Un sol est également constitué de fluides (air, gaz et eau) en proportions variables selon sa structure.

Texture (d'un sol) : Résulte de l'assemblage d'éléments de différentes granulométries : les argiles (granulométrie très fine, 0 à 2 µm), les limons (fine et grossière, 2 à 50 µm) et le sable (grossière, 50 µm à 2 mm).

Tracé au sol : Tracé temporaire, réalisé à l'aide de craies ou de peintures en aérosol (dites traceurs de chantier), qui caractérise la matérialisation au sol des réseaux enterrés. Il est réalisé par un prestataire chargé de la détection (OL ou IC en phase projet) ou par un exploitant avant le démarrage des travaux (en réponse à la demande de travaux – DT).

Unité urbaine : Définie par l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) comme « une commune ou un ensemble de communes présentant une zone de bâti continu (pas de coupure de plus de 200 m entre deux constructions) qui compte au moins 2 000 habitants » (Insee, 2020).

Zones de servitude : Zones où les terrains sont soumis à certaines règles restrictives d'occupation ou d'utilisation.

Index

- A**
- Abandonné (réseau) : pp. 10, 18, 40, 49, 61
 - AIPR : pp. 49, 65, 67
 - Article 673 (Code civil) : pp. 64, 72
 - Aspiratrice : pp. 22, 71, 72
 - ATU : pp. 49, 54, 72
- B**
- Barème (de l'arbre) : pp. 18, 66, 71, 73
- C**
- CCTG travaux de génie civil : p. 71
 - Chancre coloré du platane : pp. 55, 71
 - Colocalisation : pp. 43, 47, 49
 - Compétition (spatiale) : pp. 11, 52, 54, 68
 - Coût : pp. 8, 13, 16, 24, 38, 42, 55, 60, 61
- D**
- Diagnostic (arbre, sol, réseau) : pp. 14, 16, 17, 26, 32, 38, 73
 - Distribution (réseau de) : pp. 10, 39-42, 58, 70
- E**
- EBC : pp. 54, 66
 - Essouchage : pp. 14, 17, 52, 57, 58, 71
- F**
- Fascicule (35, 71) : p. 71
 - Formes racinaires : p. 36
- G**
- Galerie multiréseaux : pp. 43, 44, 48
 - Guichet unique : pp. 17, 18, 49, 65, 72
 - Guide d'application (travaux à proximité des réseaux) : pp. 18, 70, 71
 - Guide GTR : pp. 26, 49
- I**
- Inter-distance : pp. 46, 55, 69
- L**
- L350-3 : pp. 66, 73
 - Localisation (racines) : pp. 16, 21, 22, 32, 36, 61, 65, 66, 67
 - Localisation (réseaux) : pp. 14, 16, 17, 18, 43, 61, 65
- M**
- Mutualisé (ouvrage, tranchée) : voir Colocalisation
- N**
- NF P98-331 : pp. 25-26, 49, 70
 - NF P98-332 : pp. 45-49, 52, 55, 69-70, 71, 73
 - NRE : pp. 71-72
- P**
- PCRS : pp. 65, 66
 - Privé (domaine, terrain) : pp. 10, 41, 64, 66, 68, 72-73
 - Profondeur (racines) : pp. 34, 55
 - Profondeur (réseaux) : pp. 24, 46, 47, 54
 - Protocole (local, de cohabitation) : pp. 18, 54, 55, 68, 69, 70, 73
- R**
- Réforme anti-endommagement : pp. 16, 47, 64-66
 - Règlement de voirie : pp. 68, 70
 - Risque : pp. 18, 24, 34, 41, 43, 44, 47, 52, 56, 58, 71, 73
- S**
- Sans tranchées (techniques) : pp. 18, 49, 54
 - Servitude : pp. 10, 54, 66, 68
 - Surcoût : pp. 13, 18, 46, 62, 68
- T**
- Transport (réseau de) : pp. 10, 39, 42, 54



*Pose d'une conduite de gaz sous des racines de platanes préservées
lors de l'ouverture de la fouille à l'aspiratrice-excavatrice, Montpellier. / P. Laille*

Plante & Cité est le centre technique national d'études et d'expérimentations sur les espaces verts et le paysage. Sous statut associatif, il compte aujourd'hui plus de 800 adhérents (collectivités, entreprises du paysage, bureaux d'études, établissements de recherche et de formation...). Parrainé par l'AMF et soutenu par l'interprofession VALHOR et par les ministères en charge de l'agriculture et l'écologie, Plante & Cité développe la recherche et l'expertise pour apporter des réponses nouvelles et innovantes pour l'aménagement et la gestion des espaces verts et naturels urbains dans la perspective du développement durable. Créé à Angers, Plante & Cité bénéficie du soutien d'Angers Loire Métropole et participe à la dynamique du pôle de compétitivité mondial Végépolys Valley, notamment sur l'axe végétal urbain.

www.plante-et-cite.fr





Racines & réseaux : (a)ménager la cohabitation

Vol. 1 : Comprendre – Guide technique

Dans les sous-sols urbains, racines des arbres et réseaux enterrés se disputent la place disponible, de plus en plus limitée, ce qui provoque des difficultés de cohabitation. Les interventions sur réseaux nécessitent des terrassements qui mutilent les arbres à proximité, obérant leur sûreté et leur survie à moyen terme. À l'inverse, le développement opportuniste des racines les conduit volontiers dans les tranchées, infrastructures réseaux et canalisations, perturbant leur fonctionnement voire générant des dégâts. Enfin, le mouvement global d'arborisation des aires urbaines à des fins d'adaptation climatique pousse les collectivités à demander des dévoiements coûteux aux concessionnaires réseaux.

Dans ce contexte, le projet *Réseaux racinaires et réseaux enterrés, quelle cohabitation possible en ville ?* (RESEAUX, 2021-2025) étudie comment instaurer une cohabitation pérenne entre ces ouvrages, le plus en amont possible des projets d'aménagement. Il en résulte ce guide technique en deux volumes.

Ce premier volume, « Comprendre », fait le point sur les enjeux dans l'espace urbain, sur les différents acteurs concernés et leurs rôles. Il expose ensuite les bases sur les sols urbains, sur les systèmes racinaires et sur les réseaux enterrés. Enfin, la cohabitation arbres-réseaux est elle-même décrite, à travers les types de dégâts et de situations problématiques, puis le cadre juridique national en vigueur à l'interface arbres-réseaux-sols est exposé et discuté.

Pour citer cette publication :

Laille P., Courtant C., Meyer-Grandbastien A., 2025.

Racines & réseaux : (a)ménager la cohabitation. Vol. 1 : Comprendre – Guide technique.

Plante & Cité, Angers. 80 p.