

Arbres en milieu urbain

Guide de mise en œuvre



Trees & Design
Action Group

 CIHT



 Institute of
Chartered Foresters


Val'hor
Les professionnels du végétal

Trees and Design Action Group

Le Trees and Design Action Group (TDAG) rassemble des citoyens, des praticiens et des organismes publics et privés pour promouvoir le rôle l'arbre en ville.

Fondée sur le partage des connaissances et une logique d'interdisciplinarité, son action se concentre sur les pratiques de planification, de conception, de construction et de gestion de la ville pour veiller à la bonne intégration des arbres et à la réalisation des bienfaits qu'ils sont susceptibles d'apporter.

TDAG est doté du statut d'association à but non lucratif depuis 2013 mais a fait ses premiers pas dès 2007 sous la forme d'un collectif apolitique basé au Royaume-Uni. L'adhésion à l'association ainsi que l'accès à l'ensemble de ses publications sur Internet sont gratuits. Cette approche permet à TDAG d'assimiler idées et connaissances indépendamment de tout intérêt commercial ou pression politique.

www.tdag.org.uk

VAL'HOR

Depuis 1998, VAL'HOR est reconnue par les pouvoirs publics comme l'Interprofession française de l'horticulture, de la fleuristerie et du paysage. VAL'HOR rassemble les organisations professionnelles représentatives des secteurs de la production, de la distribution et du commerce horticole, ainsi que du paysage et du jardin.

VAL'HOR a pour mission de :

- Développer la consommation de produits et services par la communication et la promotion collective ;
- Réaliser des programmes d'expérimentation en matière d'innovation technique ;
- Favoriser le recrutement dans la filière par la valorisation des métiers et des savoir-faire ;
- Élaborer et mettre en œuvre des règles et disciplines de qualité et de certification ;
- Développer la connaissance du marché et de la filière par la réalisation et la diffusion d'études ;
- Optimiser les mécanismes du marché et la synergie entre les opérateurs.

VAL'HOR conduit également en France la démarche européenne et citoyenne Cité Verte, qui vise à faire de la cité un espace de mieux-vivre où le végétal, l'aménagement du paysage et la nature en ville apportent de nombreux bienfaits aux citoyens.

www.valhor.fr
www.citeverte.com

Avant-propos



Les arbres en ville constituent un atout important pour la création d'infrastructures durables, l'attractivité économique, l'adaptation aux changements climatiques, la santé et le bien-être des citoyens. Toutefois, continuer à tirer parti de cet atout à l'avenir requiert de bien comprendre et d'intégrer aux prises de décisions trois grands changements intervenus récemment et pour certain encore largement en cours.

Tout d'abord, l'espace souterrain de nos rues et espaces publics fait l'objet d'une compétition accrue pour l'implantation non seulement de canalisations et de câbles électriques mais aussi d'un nombre exponentiel de câbles de télécommunication. Pour satisfaire aux besoins de portance requis par les structures et infrastructures contemporaines, les sols urbains sont également soumis à des degrés de compaction sans précédent. Une approche concertée et intégrée de l'aménagement et de l'utilisation de l'espace souterrain de nos villes est en conséquence indispensable.

Ensuite, les objectifs présidant à la conception de la voirie urbaine et des systèmes de transport ont considérablement évolué. Il ne s'agit plus seulement de faciliter les déplacements d'un point A vers un point B pour les automobilistes, mais aussi de créer un espace de vie et de satisfaire aux besoins des cyclistes, des utilisateurs des transports en commun et des piétons.

Les changements climatiques, et tout particulièrement l'aggravation des fortes pluies et des risques d'inondation, invitent par ailleurs à repenser la gestion des eaux de pluie pour privilégier autant que possible réutilisation et infiltration.

Faire l'état des méthodes de travail, des types de parti d'aménagement, des solutions techniques et des critères de sélection d'essences permettant dans ce contexte de mettre en œuvre avec succès le principe du bon arbre au bon endroit est l'objectif d'*Arbres en milieu urbain : guide de mise en œuvre*. Il s'adresse aux ingénieurs de transports et de voirie, aux concepteurs d'espaces publics, aux aménageurs, aux spécialistes des arbres et du paysage ainsi qu'à toutes celles et ceux impliqués dans la gestion et l'aménagement des espaces minéraux de nos villes.

Je félicite le Trees and Design Action Group et l'équipe qu'ils ont réunie pour réaliser ce guide, et recommande vivement son utilisation.

Le défi est maintenant pour toutes celles et ceux impliqués dans la réalisation et la gestion d'espaces publics de savoir imaginer comment la simple intégration de l'arbre peut transfigurer la résilience, l'attractivité et l'efficacité de leurs projets.

Madame la Baronne Kramer

Ministre des Transports du gouvernement britannique,
le 14 septembre 2014, à Londres.

Aperçu

Une fois l'engagement en faveur d'une politique de l'arbre en ville acquis, se pose la question, souvent épineuse, de sa mise en œuvre au gré des projets. C'est cette échelle de réalisations que le présent guide a vocation à assister. Il explore pour cela quatre grands fondements de l'intégration réussie des arbres aux infrastructures urbaines :

Savoir collaborer

Avec qui, quand, comment collaborer de l'initiation du projet à sa réalisation et son suivi.

Concevoir avec les arbres

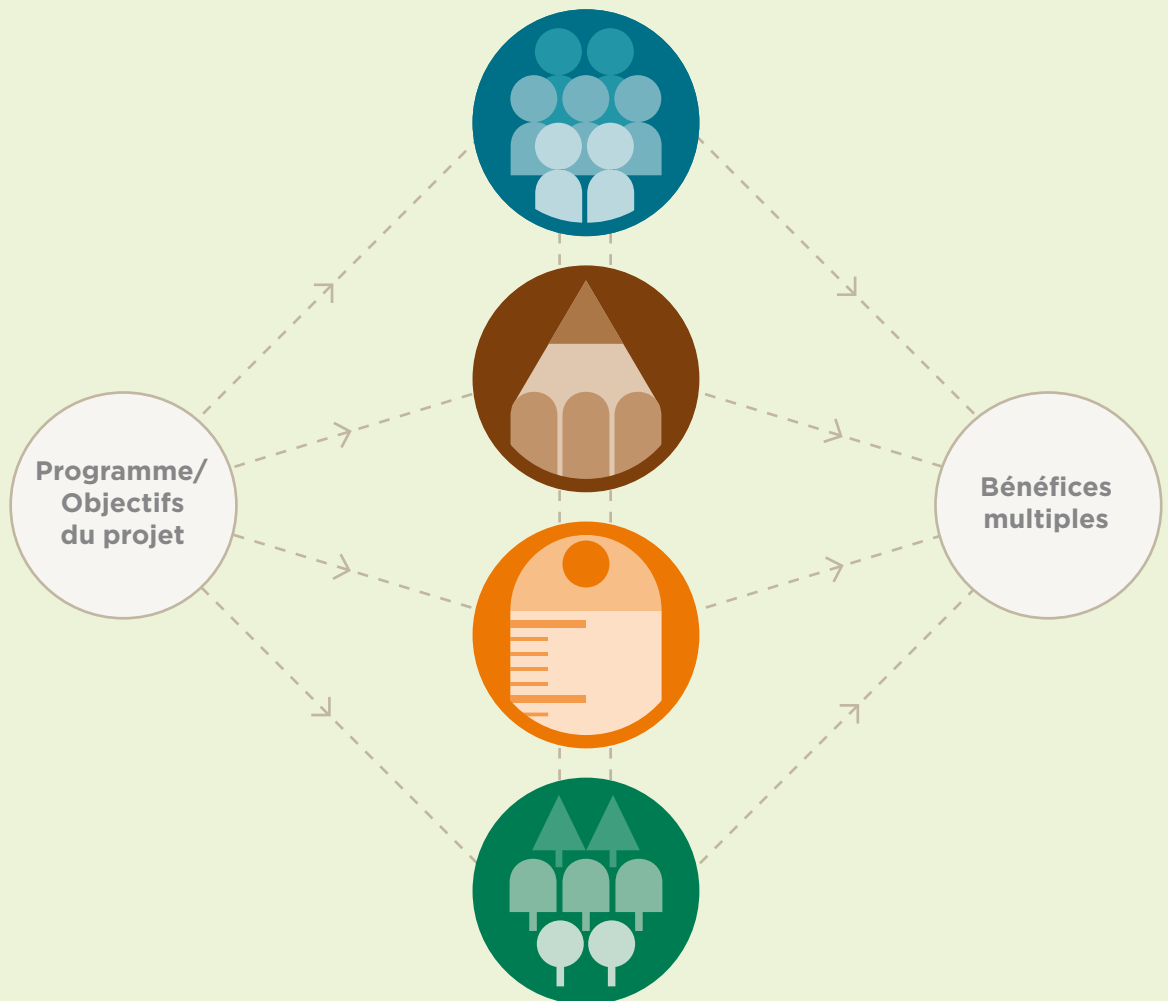
Les stratégies pour que les arbres contribuent pleinement à la réalisation des objectifs du projet.

Solutions techniques

Les solutions techniques disponibles pour assurer durablement compatibilité et performances des arbres et des infrastructures.

Choisir le bon arbre

Les critères à retenir pour sélectionner et définir les arbres à planter.



Sommaire



Cliquer sur cette icône présente au bas de chaque page permet de revenir au sommaire



Savoir collaborer

8

Travailler ensemble pour plus de résultats 10

1.1 Établir de bonnes bases : leadership, composition de l'équipe et financement 12

1.1.1 Vision et leadership, facteurs de succès essentiels 12

1.1.2 Intégrer les arbres au programme et à l'évaluation socio-économique 14

1.1.3 Élargir ses horizons pour une stratégie de financement réussie 14

1.1.4 Impliquer substantiellement dès l'amont un spécialiste de l'arbre 18

1.2 Conception : pluridisciplinarité et intégration des réflexions sur les espaces souterrains et aériens 19

1.2.1 Intégrer les arbres aux diagnostics 19

1.2.2 Intégrer l'espace souterrain à la démarche de projet 20

1.2.3 Intégrer le cycle de l'eau à la démarche de projet 22

1.2.4 Anticiper les problématiques de gestion dès la conception 22

1.2.5 Les arbres, un atout de poids pour les enquêtes publiques et les autorisations d'urbanisme 22

1.2.6 Commander ses arbres au bon moment auprès des pépiniéristes 22

1.3 Réalisation : intégration des tâches et suivi de chantier 25

1.3.1 Du projet aux travaux : établir les contrats, les qualifications et les rôles 25

1.3.2 Optimiser le calendrier des travaux 25

1.3.3 Présence sur chantier et supervision 26

1.4 Entretien et suivi 27

1.4.1 Les soins de parachèvement et confortement 27

1.4.2 Suivi et amélioration continue 28

1.4.3 Optimiser sa démarche d'achat 28

Études de cas

Checklist

Références

29
40
43



Concevoir avec les arbres

44

Faire de l'arbre un atout 46

2.1 Utiliser efficacement l'espace et conforter l'identité paysagère 48

2.1.1 Faire de la place aux arbres : une responsabilité partagée 48

2.1.2 Sélectionner un arbre adapté au contexte 48

2.1.3 Qualité et identité des lieux 49

2.1.4 Immédiateté et longévité 50

2.1.5 Saisonnalité 51

2.2 Des déplacements en sécurité pour tous 53

2.2.1 Les arbres sont-ils autorisés sur la chaussée ? 54

2.2.2 Sécurité routière en milieu urbain 54

2.2.3 Apaisement de la circulation 55

2.2.4 Encourager la marche et le vélo 55

2.3 Visibilité et lumière 57

2.3.1 Cônes de visibilité de voirie 57

2.3.2 Visibilité des vitrines et de la signalétique commerciale 57

2.3.3 Lumière, éclairage et vidéosurveillance 58

2.4 Gestion de l'eau urbaine 59

2.5 Sécurité, santé et confort des personnes et de la faune 61

2.5.1 Sécurité 61

2.5.2 Santé et bien-être en ville 62

Introduction et résumé

A qui s'adresse ce guide ? 6

Pour une approche intégrée et durable des infrastructures urbaines 6

Comment utiliser ce guide ? 7

Comment ce guide a été élaboré et traduit 7

2.5.3 Qualité de l'air 62

2.5.4 Réduction des températures et du vent 63

2.5.5 Nature en ville 64

2.6 Pieds d'arbre, nettoyage et viabilisation hivernale 65

2.6.1 Chute de feuilles et autres déchets 65

2.6.2 Pieds d'arbre et entretien 65

2.6.3 La viabilisation hivernale 70

Études de cas

Checklist

Références

71
80
82



Solutions techniques

84

Concevoir et construire des aménagements durables 86

3.1 Mieux connaître les arbres pour mieux travailler avec 88

3.1.1 Terminologie 88

3.1.2 Pourquoi vouloir assurer la longévité de l'arbre 88

3.1.3 Racines, oxygène et volume de sol 90

3.1.4 Dissiper le mythe de la terre végétale 92

3.1.5 Drainage et accès à l'eau 92

3.1.6 Protection du pied et du tronc de l'arbre 93

3.1.7 Principes de base pour l'espace d'enracinement 94

3.2 Assurer la portance 98

3.2.1 Substrats structuraux 98

3.2.2 Systèmes à caissons 107

3.2.3 Systèmes flottants 110

3.3 Assurer l'intégrité des surfaces et structures 112

3.3.1 Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres 112

3.3.2 Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres 112

3.3.3 Remédier à un conflit existant entre racines et revêtement de surface 114

3.3.4 Arbres et sols rétractables 114

3.4 Intégrer réseaux enterrés et arbres 116

3.4.1 Rationaliser l'espace alloué et l'accès aux réseaux 116

3.4.2 Éviter les dommages indirects 116

3.4.3 Éviter les dommages directs 117

3.5 Intégrer les arbres aux dispositifs de gestion alternative des eaux de pluie 118

3.5.1 Les points clés pour réussir 118

3.5.2 Options d'aménagement 120

Études de cas

Checklist

Références

124
134
136



Choisir le bon arbre

138

Poser les questions qui stimulent les bonnes réponses 140

4.1 Évaluer les contraintes du site 142

4.2 Veiller à la résilience de la population d'arbres 144

4.3 Intégrer les critères fonctionnels et esthétiques 145

4.4 Définir des options et consulter pour le choix final 145

4.5 Passer du choix d'essence aux spécifications de commande 146

4.6 Réception, manutention et stockage temporaire 148

Études de cas

Checklist

Références

149
154
155

Annuaire des études de cas 156

Glossaire 158

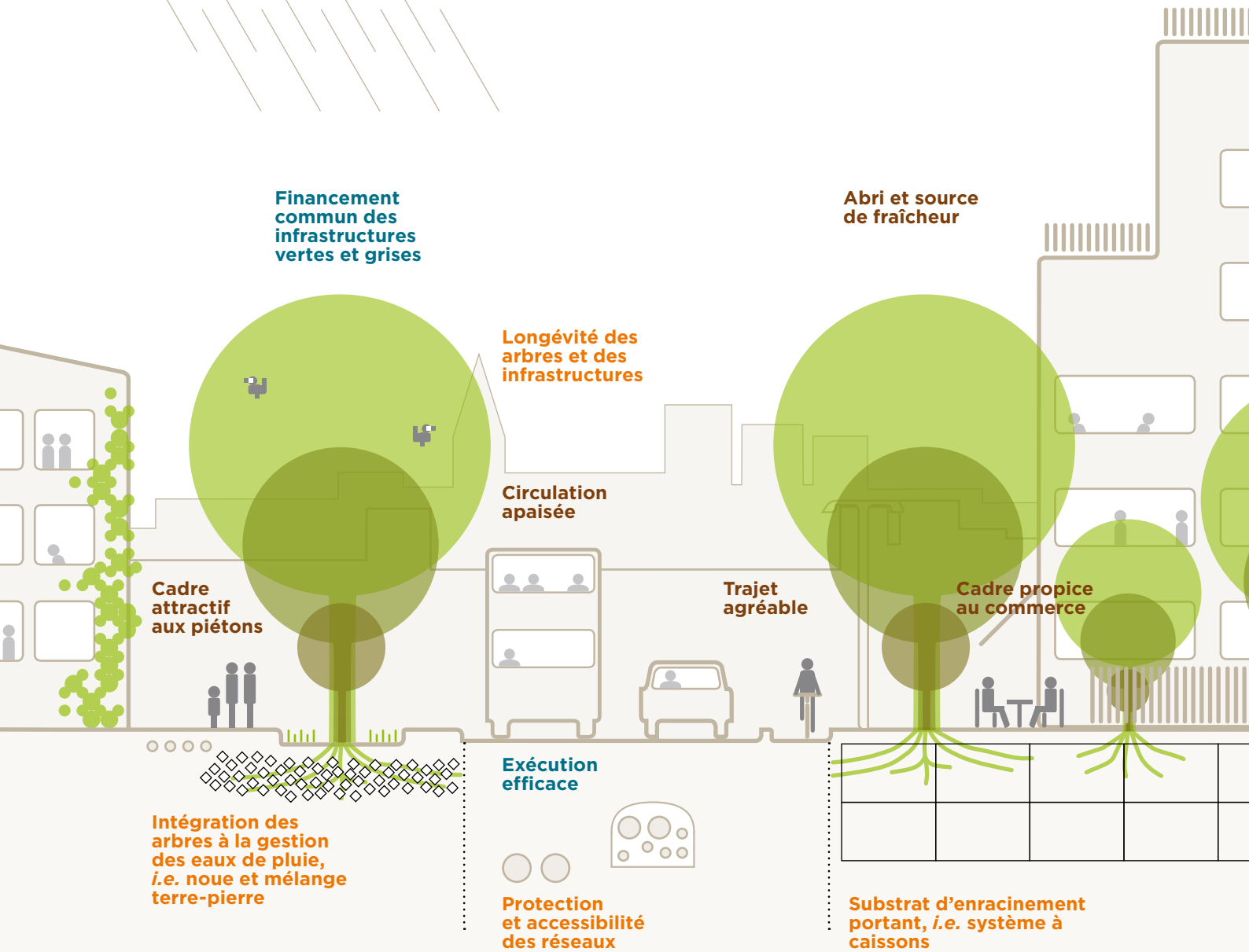
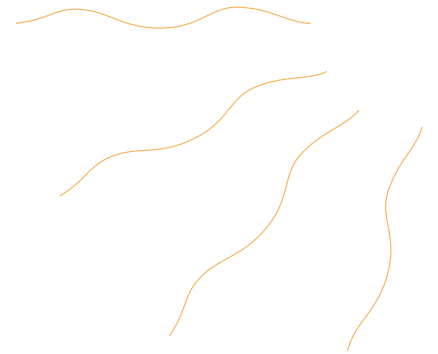
Index 160

Remerciements 162

Financements 164

Postface 165

Défis et opportunités du XXI^e siècle



Savoir collaborer

Intégrer arbres et infrastructures urbaines exige une collaboration interdisciplinaire efficace de l'initiation du projet jusqu'à sa réalisation et son suivi. Ce guide explore avec qui, quand et comment mettre en œuvre cette collaboration.

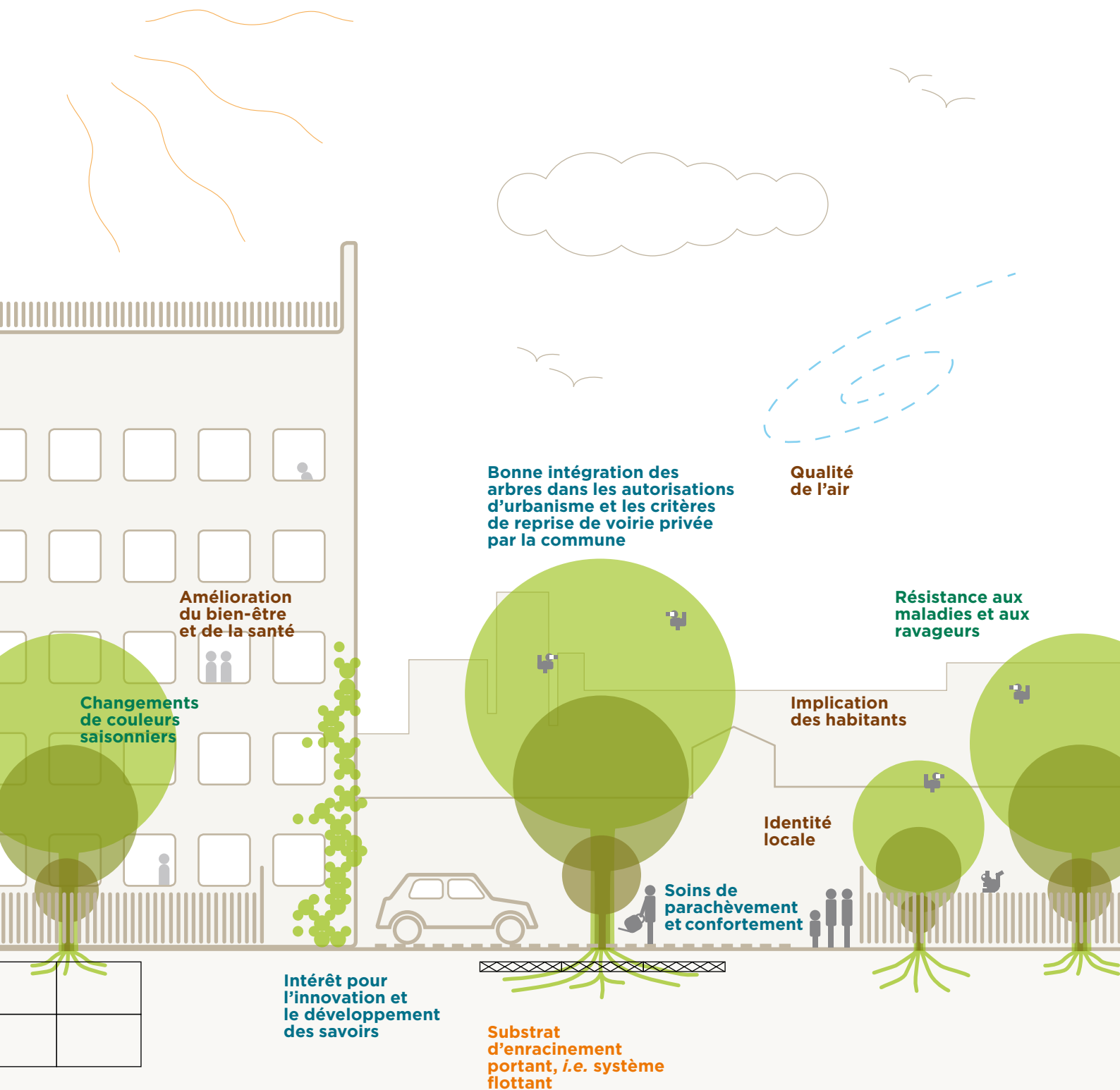


Concevoir avec les arbres

Obtenir des retombées durables et significatives de l'intégration d'arbres à un projet exige une démarche volontaire. Ce guide offre un état des lieux des connaissances actuelles sur les stratégies et conditions requises permettant de faire des arbres un atout en milieu urbain.

Temps en années





Solutions techniques

Les choix constructifs retenus pour l'espace souterrain sont déterminants lorsqu'il s'agit d'assurer une compatibilité de long terme entre les arbres et les infrastructures environnantes. Ce guide présente les solutions techniques disponibles pour garantir un retour durable sur les investissements envisagés.



Choisir le bon arbre

Choisir le bon arbre au bon endroit constitue un facteur de réussite déterminant. Ce guide propose une démarche en cinq étapes pour guider rationnellement cette sélection et les spécifications associées.

Introduction et résumé

Ce guide fait suite à *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*¹. Il explore, sur un mode plus technique, les défis et les solutions offertes aux professionnels de la ville pour intégrer arbres et infrastructures. L'accent est délibérément mis sur la voirie, les espaces publics, les aires de stationnement et autres surfaces minéralisées. La logique de ce choix est simple : ce type de paysage est prépondérant dans la ville du XXI^e siècle, et si inhospitalier qu'il soit pour les arbres, de grands avantages sont à la clé de leur intégration.

A qui s'adresse ce guide ?

Ingénieurs de voirie et du génie civil, concepteurs d'espaces publics, directeurs techniques, urbanistes, responsables de chantiers, et spécialistes de l'arbre ou du paysage : ce guide a été conçu pour vous. Ce guide s'adresse également aux élus locaux et à toute autre personne impliquée dans la gestion et la conception des espaces urbains.

Pour une approche intégrée et durable des infrastructures urbaines

Deux thèmes sont récurrents tout au long de ce guide. Tout d'abord, celui de l'importance de l'innovation et de la capacité à expérimenter pour répondre aux évolutions des techniques, des contraintes et des attentes qui caractérisent le champ complexe de l'urbanisme et de l'aménagement aujourd'hui ; ensuite, celui d'une recherche systématique de retours multiples sur investissement en lien direct avec les objectifs du projet. Ces deux thèmes ont valeur de principes fondateurs pour assurer performance et durabilité à une intégration des arbres dans la ville du XXI^e siècle.

Les travaux de recherche sont nombreux qui démontrent la gamme des avantages résultant d'une intégration réussie des arbres. Cependant la recherche a également mis en évidence que pour pleinement réaliser leur potentiel, ceux-ci doivent atteindre un stade de maturité qui n'est que rarement observé dans les paysages urbains contemporains².

Ces paysages, ainsi que les contraintes et aspirations qui les animent, ont fait l'objet de changements drastiques au cours des décennies récentes. Les grands arbres qui agrémentent parfois aujourd'hui les centres

ville sont le fruit de plantations effectuées entre la seconde moitié du XIX^e et le milieu du XX^e siècle, alors que les sols étaient moins encombrés et compactés.

On observe par ailleurs de nouveaux usages et de nouvelles attentes envers les espaces publics urbains. La voirie est de plus en plus considérée comme devant être traitée comme une « destination » à part entière plutôt que comme un réseau de couloirs avant tout dédiés aux déplacements. Il est par ailleurs désormais entendu que cet « espace rue » doit accueillir cyclistes, transports publics et piétons plutôt que privilégier les véhicules individuels. Satisfaire ces attentes requiert des solutions nouvelles – voire iconoclastes – pour les aménagements.

Les dernières décennies sont également celles d'une prise de conscience des changements climatiques en cours et d'une exacerbation de leur impact. La fréquence des précipitations torrentielles, vagues de chaleur et/ou de sécheresse augmente. Les arbres ont beaucoup à offrir pour assurer la climatisation des espaces urbains et contribuer efficacement à une **gestion alternative des eaux de pluie**. Des travaux de modélisation portant sur la ville de Manchester ont montré qu'une augmentation de 10% de la **couverture arborée** permettrait de maintenir à leur niveau actuel les pics de chaleur observés en été dans cette agglomération, et ce jusqu'à l'horizon 2080³. Une telle augmentation signifierait atteindre un taux de couverture arboré de l'ordre de 25% (le taux actuel dépasse à peine les 15%), distribué de manière aussi uniforme que possible.



1 Trees and Design Action Group (2012), London, TDAG

2 Department for Communities and Local Government (2008), *Trees in Towns II: A New Survey of Urban Trees in England and Their Condition and Management*. Londres, Department for Communities and Local Government

3 Gill, S., Handley, J., Ennos and A., Pauleit, S. (2007), « Adapting Cities for Climate Change: The Role of Green Infrastructure », *Built Environment*, vol. 3, no. 1, pp. 115-133



Comment utiliser ce guide ?

Ce guide se concentre sur l'échelle du projet, considérant comme acquis les 12 principes fondamentaux de politique de l'arbre en ville établis dans *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*. Il propose une exploration :

- Des acteurs et modalités de collaborations requises pour assurer financement, qualité des solutions et maîtrise des réalisations ;
- Des facteurs à considérer pour mettre l'arbre au service de la démarche de projet ;
- Des solutions techniques, pour la plupart ayant trait à la conception de l'espace souterrain, contribuant à éviter les conflits entre les arbres et les structures qui les entourent ;
- Des critères et principes pour sélectionner le bon arbre.

En ouverture de chacun des chapitres de ce guide se trouve un schéma représentant, dans le contexte d'un paysage urbain typique, les principaux points qui vont être traités. S'y ajoute un panorama des objectifs, champs d'application et bénéfices associés. Ces éléments fournissent des clés pour une lecture rapide du contenu de ce guide.

Pour faciliter l'assimilation, chaque paragraphe du corps du texte est également précédé d'un résumé des actions à retenir et des acteurs concernés.

On trouve par ailleurs à la fin de chaque chapitre une liste récapitulative des tâches incombant à chaque grand type d'acteur habituellement impliqué dans un projet. Les principaux points abordés sont aussi illustrés à travers des études de cas tirées du Royaume-Uni et d'ailleurs. La page 156 offre un annuaire permettant d'identifier les exemples susceptibles d'être pertinents compte tenu des centres d'intérêt du lecteur.

Les termes mis en évidence en vert dans le corps de texte sont définis dans le glossaire (pp. 158-159).

Comment ce guide a été élaboré et traduit

Arbres en milieu urbain : guide de mise en œuvre est le fruit d'une collaboration du Trees and Design Action Group (TDAG, une association travaillant à promouvoir une meilleure intégration de l'arbre en ville), avec la Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE, l'ordre des ingénieurs en équipements techniques des bâtiments), la Chartered Institution of Highways and Transportation (CIHT, l'ordre des ingénieurs de voirie et de transport), l'Institution of Civil Engineers (ICE, l'organisme professionnel des ingénieurs civils), et l'Institute of Chartered Foresters (ICF, l'organisme professionnel des ingénieurs forestiers). Au-delà de ces partenaires officiels, cet ouvrage a également bénéficié de contributions de bénévoles et d'organismes publics et privés ainsi que du généreux soutien financier d'un groupe de sponsors. Leurs profils se trouvent p. 164. C'est ensuite grâce à l'implication et au financement apporté par VAL'HOR qu'une traduction française a été réalisée. Sauf exception, les références normatives et réglementaires mentionnées dans cette traduction sont britanniques. Il convient de se référer aux textes officiels publiés par les autorités compétentes sur votre territoire.

Savoir collaborer



	Travailler ensemble pour plus de résultats	10
1.1	Établir de bonnes bases : leadership, composition de l'équipe et financement	12
1.1.1	Vision et leadership, facteurs de succès essentiels	12
1.1.2	Intégrer les arbres au programme et à l'évaluation socio-économique	14
1.1.3	Élargir ses horizons pour une stratégie de financement réussie	14
1.1.4	Impliquer substantiellement dès l'amont un spécialiste de l'arbre	18
1.2	Conception : pluridisciplinarité et intégration des réflexions sur les espaces souterrains et aériens	19
1.2.1	Intégrer les arbres aux diagnostics	19
1.2.2	Intégrer l'espace souterrain à la démarche de projet	20
1.2.3	Intégrer le cycle de l'eau à la démarche de projet	22
1.2.4	Anticiper les problématiques de gestion dès la conception	22
1.2.5	Les arbres, un atout de poids pour les enquêtes publiques et les autorisations d'urbanisme	22
1.2.6	Commander ses arbres au bon moment auprès des pépiniéristes	22
1.3	Réalisation : intégration des tâches et suivi de chantier	25
1.3.1	Du projet aux travaux : établir les contrats, les qualifications et les rôles	25
1.3.2	Optimiser le calendrier des travaux	25
1.3.3	Présence sur chantier et supervision	26
1.4	Entretien et suivi	27
1.4.1	Les soins de parachèvement et confortement	27
1.4.2	Suivi et amélioration continue	28
1.4.3	Optimiser sa démarche d'achat	28
	Études de cas	29
	Checklist	40
	Références	43



Savoir collaborer

Travailler ensemble pour plus de résultats

La clé d'une bonne intégration des arbres aux infrastructures urbaines réside avant tout dans la qualité de la collaboration et des échanges caractérisant la gestion du projet.

L'interdisciplinarité constitue un passage obligé pour bien remplir les conditions de réussite que sont l'accès aux financements, le développement de solutions techniques adaptées au site et à ses usages, ou encore une conduite de chantier efficace.

Objectifs

Ce chapitre examine le déroulé typique d'un projet d'aménagement où arbres et infrastructures sont appelés à cohabiter. Il identifie pour chaque grande étape :

- La nature des acteurs à impliquer.
- Le type d'informations à obtenir ou à communiquer.
- Le champ des décisions à prendre.

Applicabilité

Le contenu de ce chapitre est tout particulièrement susceptible d'affecter les jalons suivants de la démarche de projet :

- Les documents stratégiques définissant la politique de l'arbre et sa mise en œuvre.
- Le pré-programme et programme.
- L'évaluation socio-économique.
- La stratégie de financement.
- Les audits conduits pour localiser et identifier réseaux et arbres existants.
- Le volet paysager ou arboricole du permis de construire ou de l'étude d'impact.
- La stratégie de réalisation.
- Le cahier des charges de l'appel d'offres.
- Le calendrier d'ordonnancement des travaux.

Bénéfices

Les bénéfices recherchés sont les suivants :

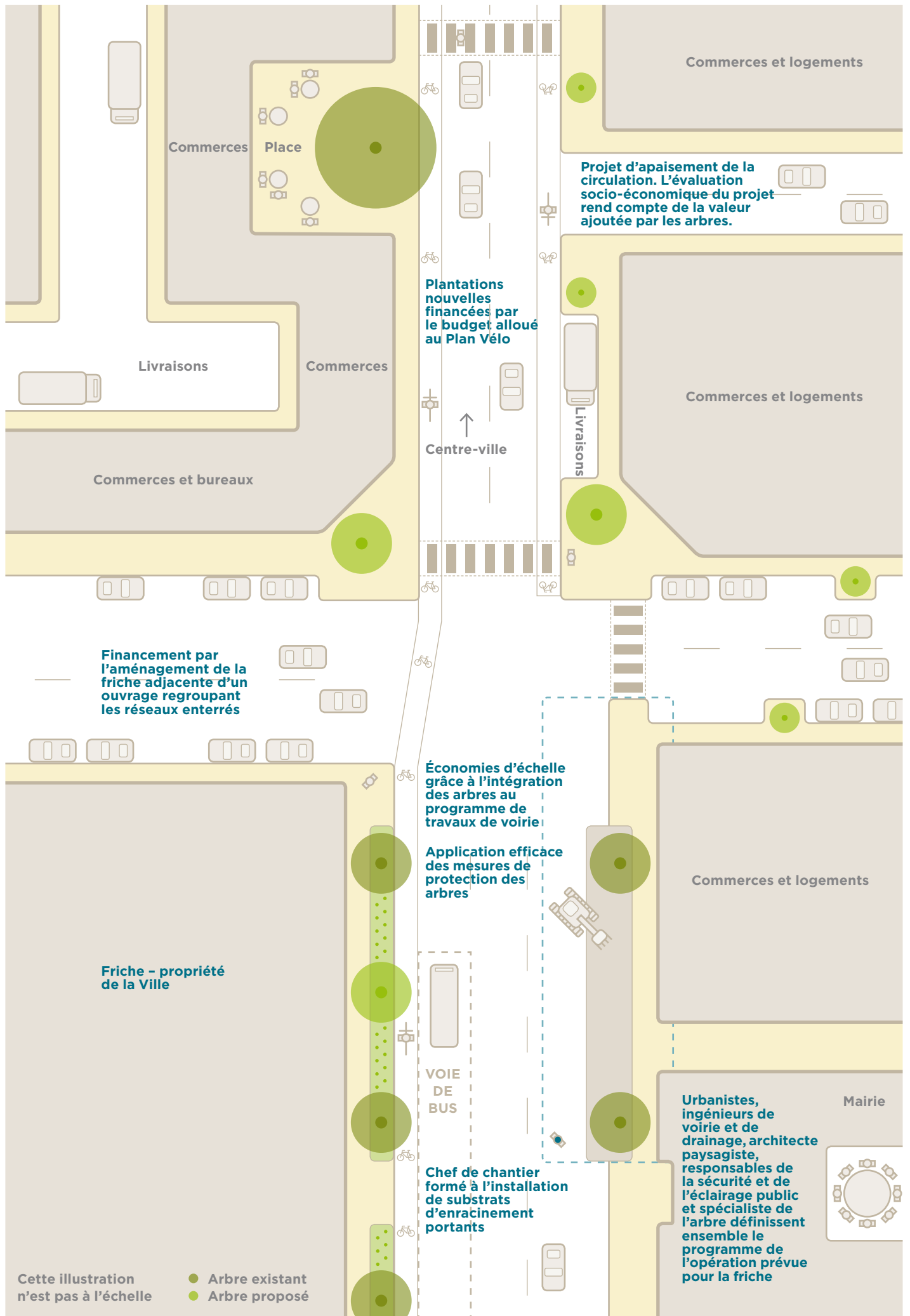
- Un meilleur retour sur investissement pour les projets d'infrastructure et d'aménagement urbains.
- Une plus grande capacité d'adaptation des membres de l'équipe au contexte du projet, ainsi qu'une sensibilité et une inventivité accrues face aux problèmes et opportunités éventuels susceptibles de faciliter l'intégration des arbres.

Mettre les arbres au service des projets urbains

Le schéma ci-contre illustre comment des mesures ambitieuses pour la protection et la plantation d'arbres sont susceptibles de bénéficier à d'autres grands objectifs de politique publique tels que le développement des déplacements à pied ou à vélo ainsi que la réduction de la vitesse des véhicules en ville.

Dans le scénario proposé, une réunion de travail est en cours à la mairie pour réfléchir aux grands axes de l'aménagement d'une friche dont la Ville est propriétaire. Le programme prévoit de nouveaux bureaux et des commerces ainsi qu'un parking relais visant à faciliter l'adoption de modes de transports alternatifs à la voiture en centre-ville. Quelle en sera l'issue ? Voir le chapitre 2.







1.1 Établir de bonnes bases : leadership, composition de l'équipe et financement

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Définir et mettre en œuvre des principes clairs en matière de protection, plantation et de gestion des arbres.	- Maître d'ouvrage - Urbaniste - Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Déterminer et inclure à l'évaluation socio-économique du projet la valeur des arbres existants et des plantations proposées.	- Concepteur - Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Expliciter la ou les contribution(s) des arbres existants et des plantations proposées aux objectifs du projet.	- Concepteur - Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Assurer à l'équipe de projet un profil de compétences adéquat, avec un bon accès, lorsque nécessaire, aux spécialistes requis en matière d'ingénierie des sols, de gestion d'arbres remarquables, de plantations nouvelles et de foresterie urbaine.	- Concepteur - Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Intégrer les coûts d'entretien des cinq premières années des plantations nouvelles au budget d'investissement du projet.	- Maître d'ouvrage - Chargé de projet
Adopter une approche partenariale du financement du projet.	- Maître d'ouvrage - Chargé de projet

Les termes définis dans le glossaire p. 158 sont indiqués en vert

1.1.1 Vision et leadership, facteurs de succès essentiels

Quel que soit le contexte organisationnel, établir une culture de collaboration interdisciplinaire autour de l'intégration et de la préservation des arbres exige leadership et vision (voir le Principe 9 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*, pp. 56-61).

De manière concrète, cela implique :

- *Des règles claires en matière de protection, d'entretien et de plantation des arbres* dans les documents d'urbanisme locaux ainsi que dans tout autre document stratégique prescriptif ou contractuel susceptible de tirer parti d'une approche intégrée de la politique de l'arbre. Les Plans Climat Énergie, les Plans de Déplacement Urbain et leurs outils de mise en œuvre (type plan de circulations douces), les schémas directeurs pour l'aménagement des espaces publics, etc. constituent des cibles à privilégier. De tels principes peuvent également être adoptés par des organismes privés et figurer dans leurs documents de référence, leur code d'éthique, leur charte fournisseurs, leur politique de responsabilité sociale et environnementale (RSE – voir par exemple la prise en compte de l'arbre dans la stratégie RSE du promoteur Britannique Land Securities Group et la charte de l'arbre mis en place par le bailleur social anglais Tor Homes p. 23 et p. 25 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*).
- *L'engagement des responsables envers le respect des principes et objectifs ainsi définis*. Comme l'illustre le schéma extrait de la LTN 1/08 (voir l'encadré ci-contre)

l'existence d'un porteur de projet motivé constitue un facteur de succès important.

Dans les grandes opérations, ce porteur de projet sera probablement un élu ou un directeur d'établissement public de coopération intercommunale. Dans le cadre de projets plus ordinaires, le responsable des services techniques, de l'urbanisme ou des transports aura un rôle important à jouer. Quel que soit le type d'aménagement, il est aussi essentiel de s'assurer de l'implication du concepteur assurant la maîtrise d'œuvre et des représentants des entrepreneurs. Ces responsables sont les mieux placés pour veiller à ce que :

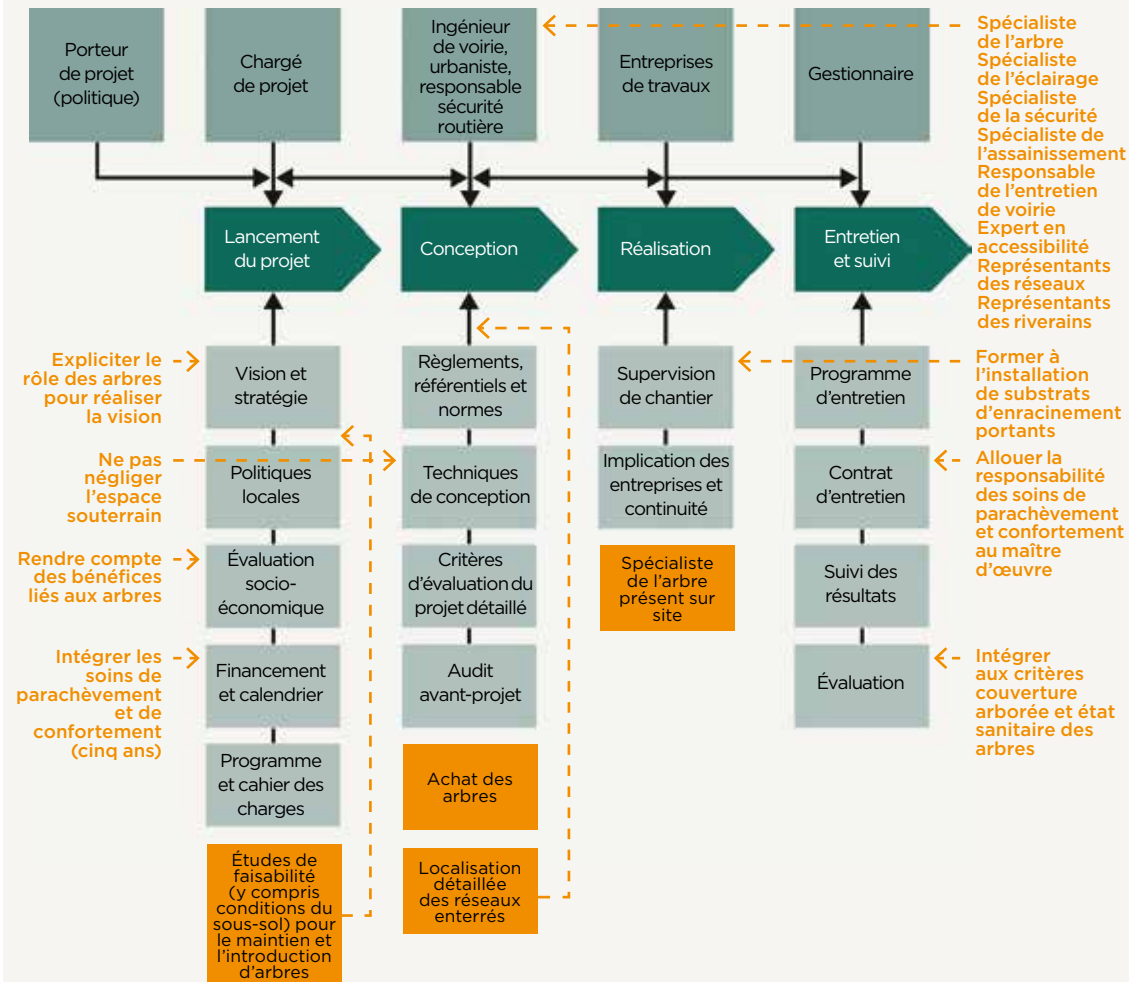
- Le principe d'une intégration des arbres au projet soit pris en compte dès le lancement de l'opération.
- Le budget prenne en compte, outre les coûts d'installation, les **soins de parachèvement et confortement** requis par les jeunes plantations.
- Les bonnes pratiques assurant longévité et succès aux plantations soient respectées tant au stade de la conception que lors du chantier.

Au-delà d'une implication des responsables politiques et techniques, intégrer arbres et infrastructures avec succès exige également un leadership de terrain au sein de l'équipe de projet. Cela se traduira notamment par :

- La participation active du spécialiste de l'arbre à l'élaboration des documents stratégiques.
- Une bonne collaboration entre les agents de voirie et le(s) spécialiste(s) de l'arbre pour la supervision du chantier.
- Un intérêt partagé par les agents de



La prise en compte des arbres dans la conduite d'opération Annotations du déroulé de projet, intrants et extrants décrits dans la LTN 1/08



4 Téléchargeable à : www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/3810/ltn-1-08.pdf

Le Ministère des Transports britannique a publié en 2008 la *Local Transport Note 1/08 Traffic Management and Streetscape* (LTN 1/08)⁴, une circulaire proposant une définition générique des grandes étapes des projets de voirie, depuis le lancement de l'opération et sa conception jusqu'à sa réalisation et son suivi. Cette approche en quatre étapes est applicable à tous types d'opération, qu'il s'agisse d'un projet de construction nouvelle ou d'un réaménagement. Les annotations orange précisent comment intégrer les arbres au déroulé décrit dans la LTN 1/08.

Impliquer les bonnes personnes au bon moment est d'une importance capitale. Les profils d'acteurs figurant dans le schéma se réfèrent à des rôles à remplir plutôt qu'à l'expérience professionnelle des individus impliqués. Une même personne peut très bien assumer plusieurs rôles. Parmi l'ensemble des profils cités, ceux les plus fréquemment évoqués dans ce guide sont définis ci-dessous :

Le **porteur de projet** est le responsable politique de l'opération. Il initie, ou tout au moins, se fait le champion de l'idée qui la motive et veille au respect de cette ambition. Ce rôle exige crédibilité et autorité au sein d'une organisation. Il est souvent rempli par un élu, un directeur d'établissement public de coopération intercommunale ou le représentant d'un promoteur.

Le **maître d'ouvrage** est le commanditaire du projet. C'est lui qui en porte la responsabilité ultime et en assume le coût financier. Il peut être représenté par une seule personne ou incarné par un comité de pilotage.

Le ou les **concepteur(s)**, qu'il s'agisse d'architecte(s), d'architecte(s) paysagiste(s), et/ou d'ingénieur(s) aide(nt) à traduire la vision et le programme du projet en un parti d'aménagement. Le concepteur participe parfois aussi à la définition du programme.

Le ou les **spécialiste(s) de l'arbre** veille(nt) à l'adoption et à la mise en œuvre adéquate de mesures de protection des arbres existants et d'une stratégie de plantation servant au mieux les objectifs du projet (voir para. 1.1.4).

Le ou les **ingénieur(s) voirie** définisse(nt) les caractéristiques techniques du projet de manière à garantir faisabilité, sécurité et durabilité de l'infrastructure impliquée.

Le ou les **ingénieur(s) mobilité** veille(nt) à ce que les objectifs de transport motivant une opération soient bien remplis pour l'ensemble des usagers visés.

Le **chef de chantier** supervise les travaux et l'ensemble des entreprises de travaux publics impliquées dans la phase opérationnelle.

Le **chargé de projet** mène et coordonne sur un plan technique le travail de l'équipe de projet depuis la phase de conception et jusqu'à la mise en œuvre de l'opération.



voirie et le(s) spécialiste(s) de l'arbre pour le développement de connaissances et de pratiques nouvelles. Faire preuve de flexibilité dans l'application des référentiels de spécification locaux au gré des circonstances permet de découvrir, de tester et éventuellement d'adopter de nouvelles solutions telles que celles décrites dans cet ouvrage (voir le chapitre 3).

1.1.2 Intégrer les arbres au programme et à l'évaluation socio-économique

Comme le montre le diagramme extrait de la LTN 1/08, établir une vision commune du projet est un point de départ essentiel.

Pour qu'une telle vision offre une base solide au travail de conception, il est opportun d'explicitier le rôle des arbres dans la réalisation des objectifs poursuivis à travers :

- **L'énoncé du programme**, voire du pré-programme. Le programme formalise les objectifs du projet et les orientations d'aménagement fruits des priorités du maître d'ouvrage. Il est souhaitable d'y faire figurer le ou les rôle(s) assigné(s) au patrimoine arboré ainsi que les ressources à prévoir pour son entretien. Il est également utile que le programme fasse brièvement référence aux documents encadrant localement la politique de l'arbre (par exemple, la charte de l'arbre).
- **Le contenu de l'évaluation socio-économique**. Cette évaluation permet d'identifier et de quantifier coûts et avantages d'une opération, et de déterminer le retour potentiel de l'investissement proposé. Les services rendus par les arbres et autres éléments paysagers sont difficiles à chiffrer. Toutefois un nombre croissant d'outils tels que CAVAT⁵ ou i-Tree Eco⁶ sont désormais disponibles pour estimer la valeur d'un patrimoine arboré existant, ainsi que celle des services rendus par des plantations nouvelles. L'étude de cas n°3 p. 31 offre un exemple de l'utilisation de i-Tree Eco lors de la conception d'une opération d'aménagement privée. Pour tout complément d'information sur les méthodes d'évaluation économique applicables aux arbres employées en Grande Bretagne, se reporter aux explications associées au Principe 10 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*.

1.1.3 Élargir ses horizons pour une stratégie de financement réussie

Financer l'établissement et l'entretien des arbres en ville requiert ouverture et partenariat. Bien que les budgets « dédiés » au patrimoine arboré ou à l'amélioration de la qualité environnementale soient souvent de plus en plus restreints, la multiplicité des services rendus par les arbres urbains peut justifier l'accès à des sources de financement relevant de bien d'autres horizons que celui l'environnement. Assurer le financement d'une intégration réussie entre arbres et infrastructures urbaines exige le respect

de deux grands principes :

- Veiller à ce que les soins culturels requis durant cinq ans pour parachever et conforter les plantations nouvelles (voir para. 11.2 du BS 8545:2014⁷) soient pris en charge par le budget d'investissement.
- Adopter une démarche partenariale pour le montage financier de l'opération.

On trouvera dans l'encadré pp. 15-17 des exemples de partenaires à impliquer pour élargir le champ des financements disponibles à la composante arborée d'un projet. Bien que ces exemples soient tirés du contexte anglais, la démarche sous-jacente n'en demeure pas moins transférable à d'autres contextes nationaux. Ces partenaires potentiels sont principalement de trois ordres :

- **Les services des transports et de voirie des collectivités locales et/ou des regroupements intercommunaux**, sous réserve que l'intégration de l'arbre soit mise au service de la mise en œuvre des objectifs de la politique de mobilité. L'approche de la Métropole du Grand Lyon en cette matière est exemplaire (voir l'étude de cas n°11 p. 71). L'exemple lyonnais n'est pas isolé : plus de 60% des projets présentés dans les 32 études de cas figurant dans ce guide ont été réalisés grâce à des financements liés aux transports.
- **Les services de l'urbanisme des collectivités locales et/ou des regroupements intercommunaux et les aménageurs qui en dépendent** (établissements publics, sociétés d'économie mixte, etc.). Ces acteurs ont un rôle déterminant dans la création ou le réaménagement des espaces publics intégrés aux opérations d'aménagement. Ils en définissent les paramètres (parti d'aménagement) et les modes de financement, et tout particulièrement le montant des participations des partenaires privés.
- **Les services en charge des espaces verts et des arbres** ont des moyens plus limités, parmi lesquels on compte les budgets dédiés aux plantations, le produit éventuel de mesures de compensation (paiement de dommages à la collectivité en cas de dommages infligés au patrimoine arboré municipal ou à des arbres faisant l'objet de mesures de protection réglementaires), et des politiques de parrainage communautaire.

Des compléments de financement sont également susceptibles d'être apportés :

- **Financements ayant vocation à stimuler le développement économique local** via des opérations de requalification de centre-ville, de centres commerciaux, de parcs d'activité - gérés par les services de développement économique des collectivités locales ou des partenaires privés (associations de commerçants, chambres de commerce et de l'industrie, etc.).
- **Financements associés à la poursuite d'objectifs de santé publique**, qu'ils soient détenus par des organismes publics locaux ou des associations.



5
La méthode Capital Asset Value Amenity Tree (CAVAT) pour l'évaluation de la valeur d'aménité des arbres d'ornement prend en compte le coût de remplacement et la valeur d'agrément des arbres. Pour plus de détails, voir : www.ltoa.org.uk/resources/cavat

6
i-Tree Eco est une méthode d'évaluation des arbres d'ornement prenant en compte leur valeur structurelle (fondée sur le coût de remplacement) et la valeur des services environnementaux (élimination des polluants atmosphériques, séquestration du carbone, gestion des eaux de pluie, économies d'énergies pour les bâtiments adjacents) qui leurs sont associés. Pour plus de détails, voir : www.itreetools.org

7
British Standard 8545:2014, Trees: from nursery to independence in the landscape. Recommendations, Londres, British Standards Institution



- *Financements associés aux problématiques de renouvellement urbain et de qualité du logement*, via l'engagement des bailleurs sociaux sur des opérations de requalification des espaces extérieurs de leurs parcs.

- *Financements associés aux problématiques de changement climatique*, type territoires à énergie positive.
- *Partenariat avec les gestionnaires de réseaux*, et tout particulièrement les agences de l'eau et leurs concessionnaires.

Financement des arbres en milieu urbain en Angleterre

Financements accessibles aux services de voirie et de transport

Les services de voirie des collectivités locales disposent de budgets d'investissement et d'entretien partiellement financés par une dotation de l'Etat.

- Le *budget d'investissement* permet d'assurer la création et le renouvellement structurel des axes de voirie et des infrastructures associées. Intégrer protection et plantation d'arbres aux grands projets de voirie est l'une des stratégies les plus efficaces pour développer le patrimoine arboré d'une ville. Lorsqu'une prise en charge intégrale des coûts de plantation par le budget d'investissement voirie n'est pas possible, une alternative consiste à ne financer par ce biais que la construction des fosses de plantation et l'aménagement des surfaces jusqu'à la limite de l'entourage des pieds d'arbres. Les végétaux, leur installation et le traitement des pieds d'arbres sont alors à financer par d'autres sources. Un tel partage des responsabilités financières entre « éléments de voirie » et « éléments de paysage » s'accompagne souvent d'un partage des responsabilités en matière de livraison. Pour être efficace, ce mode de fonctionnement exige une bonne communication entre les équipes impliquées quant au calendrier prévisionnel des grands projets et renouvellements structurels à venir (voir l'étude de cas n°1 p. 29).
- Le *budget d'entretien* couvre les réparations visant à maintenir des conditions normales d'utilisation. Outre la chaussée en elle-même, c'est également l'entretien des accessoires associés qui sont visés tels que les structures d'éclairage public, la signalétique, les trottoirs, les pistes cyclables et accotements stabilisés ainsi que les accotements enherbés et talus sans oublier l'élagage et les inspections de sécurité des arbres qui s'y trouvent.

L'État, via des appels à projets, met par ailleurs à disposition des collectivités des aides complémentaires pour le financement des investissements assurant la réalisation des grands objectifs de politique publique en matière de mobilité durable et de sécurité routière. Ces aides permettent souvent le financement de plantations nouvelles, qu'il s'agisse des coûts de construction des fosses de plantation ou d'achat et d'installation des végétaux. Toutefois, ces subventions doivent

souvent obligatoirement être utilisées dans leur intégralité dans les délais de livraison du projet. Si les arbres sont plantés dans la dernière année d'une opération, les frais de *parachèvement et confortement* des jeunes arbres doivent alors être couverts par d'autres ressources.

Les aides étatiques aux projets de transport des collectivités locales actuellement disponibles en Angleterre incluent :

- Le *Integrated Transport Block Funding*, un fond dit de « Transports Intégrés » qui couvre les dépenses d'investissement telles que la création ou l'amélioration de gares routières ou ferroviaires, l'amélioration de la sécurité routière via le réaménagement de passages piétons et de trottoirs, la réfection de jonctions et d'axes de voirie, l'installation de pistes cyclables, etc. Compte tenu de l'efficacité des arbres d'alignement pour faciliter la modération de la vitesse des véhicules et le développement de la marche à pied et du vélo (voir para. 2.2), le fond « Transports Intégrés » est particulièrement bien adapté au financement du développement du patrimoine arboré de voirie.
- Le *Local Sustainable Transport Fund* (LSTF, un fond dédié au développement de la mobilité durable locale) a mis à disposition jusqu'en Mars 2015 600 millions de livres sterling via des appels à projet. L'objectif de ce fond était de soutenir les investissements de transport afin de stimuler l'économie locale tout en réduisant les émissions de dioxyde de carbone liées aux déplacements. Le fond continuera en 2015-16 sous le nom de *Local Growth Fund* (« Fond pour la Croissance Locale »).

Dans le cadre des opérations d'aménagement, le bénéficiaire de l'opération doit financer les équipements propres à l'opération dont la voirie et les espaces publics ainsi que les plantations qui s'y trouvent. Une participation au financement des équipements publics complémentaires situés hors du périmètre de l'opération, mais néanmoins rendus nécessaires par cette dernière, est également susceptible d'être exigée par la collectivité locale. Qu'elles soient relatives ou pas à des infrastructures de transport, ces types de contributions sont détaillées ci-dessous au paragraphe décrivant les financements relatifs à l'urbanisme.

Les services de la voirie et des transports sont également susceptibles de recourir à des concessions de construction et d'exploitation pour la réalisation de grandes



infrastructures routières, qui, sauf dans leurs sections urbaines, ne rentrent pas dans le champ couvert par ce guide. Dans ce type de contrats, qui portent généralement sur une durée de 30 ans en Angleterre, le secteur privé assume la responsabilité de la construction, de l'exploitation et de l'entretien d'un axe routier selon un cahier des charges préalablement établi. Il revient à l'organisme public responsable de la passation du marché de concession de veiller à ce que les critères et prescriptions adéquates relatives à l'intégration et à la gestion d'un patrimoine arboré figurent à l'appel d'offre et au cahier des charges.

Financements accessibles aux services d'urbanisme

Les législations en vigueur en Angleterre, en Ecosse et au Pays de Galles contiennent toutes des dispositifs pour financer, via des opérations d'aménagement, la création ou l'amélioration d'infrastructures et d'espaces publics comportant des arbres. En Angleterre, les mécanismes disponibles sont les suivants :

- **Réalisation par le promoteur-aménageur.** Pour une collectivité locale, le mécanisme le plus efficace pour assurer l'intégration d'arbres le long des rues et autres espaces publics ou assimilés figurant dans une opération d'aménagement est d'exiger sa prise en charge financière et opérationnelle par le promoteur-aménageur. En Angleterre, en vertu l'art. 197 du *Planning Act* de 1990 (une loi sur l'urbanisme), les collectivités locales ont le devoir d'assurer la préservation et/ou la plantation d'arbres là où cela est jugé opportun. Cette responsabilité des collectivités se traduit concrètement par le classement de certains éléments du patrimoine arboré local sous l'égide d'un *Tree Preservation Order* (une mesure de protection semblable à l'espace boisé classé en France) ou d'un *Conservation Area* (une mesure de protection semblable au secteur sauvegardé en France) ainsi que par des prescriptions spéciales paysagères à prendre en compte par le permis de construire. Les opérations d'aménagement conduisant à la création de nouvelles rues, de nouveaux espaces publics et/ou de zones de stationnement offrent l'opportunité d'exiger la plantation de nouveaux arbres pour assurer le bon fonctionnement de ces infrastructures (voir le chapitre 2 de ce guide). Les prescriptions spéciales associées à un permis de construire sont l'opportunité de définir les critères de qualité à respecter pour le substrat (voir le chapitre 3) et les types d'arbres (voir le chapitre 4) employés ainsi que pour les **soins de parachèvement et confortement** à apporter. Il est primordial que les services de la collectivité appelés, le cas échéant, à reprendre la gestion de ces espaces publics soient consultés sur les prescriptions établies.

- **Contrat de participation négocié au titre de la section 278 (S278) du Highways Act de 1980.** Ce type de contrats négociés par les services de voirie et de transports lors d'une opération d'aménagement décrit les mesures qui doivent être prises en charge par le promoteur aménageur en dehors du périmètre du projet afin d'atténuer l'impact de ce dernier sur le bon fonctionnement du réseau viaire existant. Les contrats S278 définissent les responsabilités (financières et autres) des parties impliquées pour la réalisation des travaux.
- **Contrat de participation négocié au titre de la section 106 (S106) du Town and Country Planning Act de 1990.** Ce type de contrats est utilisé pour exiger la prise en charge financière complète ou partielle, par le bénéficiaire d'une opération d'aménagement, du coût des équipements rendus nécessaires par le projet et situés dans le périmètre ou à proximité immédiate de ce dernier. S'il s'agit par exemple d'améliorer une voie de desserte existante pour un nouveau quartier, le contrat de participation S106 peut mettre à la charge du promoteur-aménageur le coût des plantations et exiger un cofinancement des soins de parachèvement et de confortement. Pour bien fonctionner, une telle approche exige une coordination efficace du service de l'urbanisme et du service responsable des arbres afin de veiller à ce que les contributions financières collectées à ces fins soient bien allouées au développement du patrimoine arboré.
- **Community Infrastructure Levy (CIL, une taxe locale d'équipement).** La CIL est progressivement appelée à remplacer les contrats de participation S106 pour assurer le financement des équipements par les opérations d'aménagement. Les collectivités locales Anglaises établissent une grille de taxation soumise à l'approbation des services de l'État en charge de l'examen des plans locaux d'urbanisme. Pour assurer le financement des arbres dans les quartiers en développement, les collectivités locales peuvent inclure cet objectif à l'état des lieux des besoins de financement (appelé « *Regulation 123 List* » car établi d'après les dispositions prévues au para. 123 du décret d'application relatif à la CIL) justifiant la grille de taxation. Une fois la grille de taxation rendue applicable, toutes les constructions nouvelles et opérations d'aménagement sont soumises à la CIL. La collectivité locale doit publier un rapport annuel dressant un bilan des projets auxquels les revenus de la CIL ont été alloués. La collectivité a la possibilité de transférer tout ou partie des sommes collectées à des conseils de quartier pour financer une amélioration des infrastructures et des espaces publics locaux, y compris les arbres.



Financement accessible aux services arboriculture

- *Budget dédié à l'entretien et au développement du patrimoine arboré.*

Optimiser la gestion du patrimoine existant peut permettre, sur le long terme, de libérer des ressources pour la plantation de nouveaux arbres (voir para. 3.1.2).

- *Parrainage communautaire.* Le parrainage d'un programme de plantation à l'échelle d'une rue, d'une placette ou d'un quartier peut être assuré par des commerces, des entreprises et des habitants à l'occasion, par exemple, de fêtes de quartier. Cette approche permet non seulement de collecter des fonds, mais également de susciter la participation des riverains aux soins de parachèvement et de confortement des plantations. Par exemple, lors d'une simple fête de rue organisée en 2012 dans le cadre de « *TreeBristol* »⁸, le programme de communication et de participation animé par la Ville de Bristol pour son patrimoine arboré, ce sont plus de 3 000 livres sterling qui ont été collectées pour la plantation de nouveaux arbres dans le quartier concerné. À Leeds, le complément d'arrosage offert par le centre commercial adjacent au nouveau platane planté sur Dortmund Square s'est révélé décisif lors de la sécheresse de printemps 2013 (voir l'étude de cas n°5, p. 33).

- *Programme exceptionnel de subvention à la plantation.* De temps à autre, l'État ou les collectivités locales lancent des campagnes de plantation en faveur de l'arbre en ville assorties de subventions. Souvent focalisées sur un nombre d'arbres à planter plutôt que sur les résultats de long terme, ces programmes n'assurent généralement pas le financement des soins de parachèvement et de confortement ni la construction des espaces d'enracinement nécessaires pour assurer la longévité des plantations se trouvant dans les contextes urbains les plus hostiles (tels que les parkings, la voirie à fort trafic, etc.).

- *Compensations pour dommages infligés au patrimoine arboré existant.* L'étude de cas se trouvant p. 67 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers* fournit un bon exemple de la façon dont, dans le cadre de travaux prévus par le concessionnaire des services publics d'eau et d'assainissement, la Ville de Bristol a eu recours à l'outil d'évaluation CAVAT⁹. L'évaluation ainsi réalisée a permis de négocier une meilleure rétention des arbres existants et une compensation financière là où un abattage était inévitable. Cette indemnisation a financé des replantations dans le quartier. Comme la Ville de Bristol, le Borough d'Islington à Londres a adopté dans sa politique de l'arbre le principe de l'évaluation et de la compensation financière : « *La commune est en droit d'exiger de tout individu ou organisme causant la perte ou infligeant un dommage*

significatif à un arbre du domaine public une compensation dont la valeur sera calculée avec CAVAT ». Pour l'année 2013-14, le Borough d'Islington estime le montant des ressources financières collectées via les compensations pour dommages infligés au patrimoine arboré public à c. 45 000 livres sterling.

Financements accessibles via d'autres partenaires

Elargir le champ des partenariats à d'autres services au sein d'une collectivité, à d'autres organismes publics, privés ou associatifs offre également des opportunités intéressantes. Sans être exhaustive, la liste présentée ci-dessous suggère quelques pistes à explorer :

- *Financements ayant vocation à stimuler le développement économique local* via des opérations de requalification de centre-ville, de centres commerciaux, de parcs d'activité – gérés par les services de développement économique des collectivités locales et ou des partenaires privés (associations de commerçants, chambres de commerce et de l'industrie, etc.).

- *Financements associés à la poursuite d'objectifs de santé publique*, qu'ils soient détenus par des organismes publics locaux ou des associations.

- *Financements associés aux problématiques de renouvellement urbain et de qualité du logement*, via l'engagement des bailleurs sociaux sur des opérations de requalification des espaces extérieurs de leurs parcs.

- *Revenus de la Landfill Tax* (une écotaxe imposée sur les déchets commerciaux et industriels non recyclables et allouée à des associations de protection de l'environnement) par le biais de partenariats avec le secteur associatif.

- *Contributions en nature* (prestation d'aide à l'accompagnement des démarches participatives, d'apport de **soins de parachèvement et confortement** des jeunes arbres, etc.) grâce à des partenariats avec des acteurs locaux du secteur privé ou associatif, comme c'est le cas à Bristol (voir l'étude de cas n°14 p. 74).

- *Partenariat avec les gestionnaires de réseaux.* Parmi ces derniers, les agences de l'eau et leurs concessionnaires sont tout particulièrement susceptibles d'être intéressés par la mise en œuvre de solutions alternatives aux problèmes d'assainissement pluvial, comme l'illustre le projet du bassin versant de Counters Creek (voir l'étude de cas n°28, p. 133). Il n'est pas rare non plus pour les fournisseurs d'énergie de financer la replantation d'arbres à titre de compensation pour des arrachages effectués le long de leurs réseaux.



8

<https://www.bristol.gov.uk/museums-parks-sports-culture/treebristol-planting-trees-in-bristol>

9

La méthode Capital Asset Value Amenity Tree (CAVAT) pour l'évaluation de la valeur d'aménité des arbres prend en compte le coût de remplacement et la valeur d'agrément des arbres. Pour plus de détails, voir : www.ltoa.org.uk/resources/cavat



1.1.4 Impliquer substantiellement dès l'amont un spécialiste de l'arbre

Les conseils d'un spécialiste de l'arbre sont essentiels tant pour les projets incluant des plantations nouvelles que pour les opérations intervenant autour d'arbres existants. L'accès à cette expertise doit être anticipé au plan budgétaire et dans la composition de l'équipe.

Pour la plantation, il est souhaitable de recueillir les conseils d'un spécialiste de l'arbre sur les points suivants, qui pourront être consignés dans un plan de plantation :

- Dimensionnement et conception de l'espace d'enracinement.
- Positionnement de l'arbre, traitement du pied d'arbre, technique d'ancrage et de support.
- Choix des essences plantées.

Lorsqu'un projet se déroule à proximité d'arbres existants, les conseils d'un spécialiste sont nécessaires pour :

- Conduire un inventaire du patrimoine arboré conforme aux normes en vigueur (au Royaume-Uni, le BS 5837:2012)
- Définir les périmètres de protection des arbres à préserver. Au Royaume-Uni, cette information est consignée dans un plan de servitudes arboricoles.
- Définir les mesures de protection et d'accompagnement qui permettront de minimiser l'impact du chantier sur les arbres. Au Royaume-Uni, ces mesures sont consignées dans un plan et un protocole de protection (voir pp. 21-22 pour plus de détails).

Pour garantir des résultats de long terme, il est souhaitable de combiner deux perspectives lors de ce travail :

- Celle d'un professionnel qualifié en arboriculture, qu'il soit agent au sein de l'organisme assurant la maîtrise d'ouvrage ou bien consultant. Certains projets exigent le recours à un spécialiste en matière de jeunes arbres, d'arbres remarquables, de protection des arbres durant les chantiers ou encore d'amputation de racines.
- Celle du personnel en charge de l'entretien et la gestion, qu'il relève du secteur public ou privé. Il est important de tenir compte des contraintes de gestion avant de finaliser un plan de plantation ou de protection d'un patrimoine arboré existant.

Impliquer le ou les spécialistes de l'arbre en amont du développement du projet permet d'anticiper les conflits potentiels entre arbres et infrastructures et d'élaborer, au gré d'un dialogue interdisciplinaire, des solutions efficaces propres à satisfaire l'ensemble des contraintes et objectifs en présence. Ce résultat est d'autant plus facile à obtenir si :

- Les solutions sont élaborées en gardant à l'esprit le besoin d'une gestion globale de la forêt urbaine et de la couverture arborée qu'elle fournit. Lors des choix d'essences, la prise en compte du patrimoine arboré et forestier local est

souvent négligée (voir para. 4.3). À l'échelle d'un territoire, c'est la population d'arbres dans son ensemble qui constitue une infrastructure pourvoyeuse de services. Toute plantation, maintien ou abattage d'arbres contribue à développer (ou affaiblir) la résilience de la forêt urbaine concernée. Les décisions relatives à un individu exigent donc une compréhension de l'ensemble plus vaste dans lequel ce spécimen s'inscrit.

- Les parties impliquées sont prêtes à faire des concessions réciproques, pouvant parfois conduire à l'abattage de certains arbres. En cas d'abattage, il est souhaitable d'adopter un principe de replantation compensatoire fondé sur la couverture arborée ou le diamètre de tronc amenés à disparaître plutôt que sur le nombre d'arbres (voir le Principe 3 dans *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*).
- Le temps nécessaire à l'obtention d'un bon retour sur investissement est bien compris par toute l'équipe de projet. Sous réserve d'être bien plantés, même en cœur de ville, les arbres ont souvent une durée de vie potentielle plus importante que la majorité des infrastructures qui les entourent. Par ailleurs, l'essentiel des bénéfices apportés par les arbres en ville ne se matérialisent que lorsqu'ils ont l'opportunité de réaliser leur potentiel de croissance et de longévité. Il convient donc de veiller à ce que les visions de court terme propres au cycle de vie de certaines infrastructures (trottoirs, murets, réseaux, etc.) ne prescrivent pas aveuglément de décisions d'abattage ou de remplacement maintenant le patrimoine arboré à un stade juvénile (voir para. 3.1.2). Il est également essentiel de faire de la préservation des larges sujets une priorité, particulièrement lorsqu'ils se trouvent dans un espace urbain densément bâti où, par définition, les besoins en matière de qualité environnementale sont importants.
- Les parties impliquées sont disposées à envisager l'adoption de spécifications différentes de celles habituellement utilisées et à prendre part à des échanges où les problèmes techniques soulevés par les solutions nouvelles proposées peuvent être discutés, exemples concrets à l'appui (voir étude de cas n°22, p. 128).



1.2 Conception : pluridisciplinarité et intégration des réflexions sur les espaces souterrains et aériens

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Prendre contact dès la rédaction du programme avec les gestionnaires de réseaux enterrés pour localiser les contraintes associées et avoir connaissance de leur calendrier de chantier(s) éventuel(s).	- Chargé de projet
Intégrer au diagnostic et études préalables un inventaire des arbres existants respectant la norme en vigueur (au Royaume-Uni : BS 5837:2012) pour que l'équipe de projet dispose d'un plan de servitudes arboricoles dès la rédaction du programme.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Mettre à disposition des données pédologiques dès la rédaction du programme.	- Chargé de projet
Localiser les réseaux enterrés dès le développement de l'avant-projet (les résultats du travail de détection doivent avoir l'exactitude requise pour finaliser les plans de construction). Dans le cadre d'opérations privées, le service d'instruction des permis de la collectivité doit exiger de pouvoir consulter un plan de localisation des réseaux enterrés fiable qui corrobore la faisabilité du plan de plantation.	- Chargé de projet - Urbaniste / instruction des permis
Faire de l'intégration du cycle de l'eau un principe fondamental du projet et tirer parti des avantages apportés par les arbres sur ce plan.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre - Ingénieur en drainage urbain
Consulter les équipes qui ont la charge de l'entretien et utiliser leur retour pour améliorer le projet.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Confirmer qu'un consensus a été atteint au sein de l'équipe de projet entre le spécialiste de l'arbre, le ou les concepteurs et les ingénieurs, sur les solutions détaillées retenues pour l'intégration des arbres (satisfaisant les exigences du plan de protection des arbres, du plan de plantation, etc.)	- Chargé de projet - Maître d'ouvrage
Consulter les pépiniéristes et prendre en compte les disponibilités et les temps de production dans le calendrier retenu pour passer les commandes et assurer une livraison dans les délais du projet.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet

1.2.1 Intégrer les arbres aux diagnostics

Tout projet de réaménagement d'espace public s'appuie sur un diagnostic évaluant les conditions du site et ses modes d'utilisation. De même, une opération d'aménagement se fonde sur une analyse du site. Dans un cas comme dans l'autre, il est souhaitable d'intégrer les arbres aux diagnostic(s) réalisé(s) grâce à :

- *Un inventaire des arbres du site ou immédiatement avoisinants*, conformément aux prescriptions de la norme en vigueur (au Royaume-Uni, le BS 5837:2012¹⁰). Cet inventaire permet d'identifier l'emplacement, l'essence, les dimensions et l'état sanitaire de chaque arbre afin d'estimer leur *Safe and Useful Life Expectancy* (SULE, **espérance de vie utile et sans risques**). Cet inventaire note également les spécimens faisant l'objet d'un régime de protection spécial (du type espace boisé classé, secteur sauvegardé, etc.). Par ailleurs, il est aussi souhaitable d'analyser la contribution des arbres à la

qualité du site ainsi que tout conflit ou nuisance susceptibles d'exister. Une telle analyse favorise une prise de décision plus objective et réfléchie lorsqu'il faut déterminer les arbres à conserver. L'inventaire permet également de délimiter les zones de protection des racines, qui, lorsqu'un projet intègre un patrimoine arboré existant, constituent un paramètre fondamental pour le travail de conception (voir para. 1.2.2). Il est souhaitable d'intégrer certains des critères retenus pour cet inventaire (par exemple : dimensions et état sanitaire des arbres) aux dispositifs d'évaluation et de suivi déployés une fois le projet livré (voir para. 1.4.2).

- *Une analyse de la forêt urbaine environnante*, incluant autant que possible les arbres du domaine privé, visant les essences, l'âge et le style de plantation observés à l'échelle du quartier. Combinée le cas échéant avec les données de l'atlas local du paysage, cette analyse contextuelle permet d'apporter une réponse satisfaisante au besoin de diversification des espèces



10
British Standard 5837:2012, Trees in relation to design, demolition and construction. Recommendations, Londres, British Standards Institution





(voir para. 4.3) tout en prenant en compte l'identité locale dans les styles de plantation et mélanges d'essences retenus (voir para. 2.1.3).

- *Un recensement des caractéristiques et contraintes de l'espace souterrain.* Ce point est détaillé au para. 1.2.2 ci-dessous.

1.2.2 Intégrer l'espace souterrain à la démarche de projet

L'espace souterrain est l'une des principales clés de réussite d'un projet impliquant des arbres. Il est essentiel de veiller à :

- Prévoir l'impact des choix retenus pour les aménagements de surface sur la conception de l'espace souterrain (par exemple besoins de résistance mécanique des surfaces des espaces publics, de nouvelles connections et services enterrés pour un bâtiment, de gestion décentralisée des eaux de ruissellement, d'espace d'enracinement pour la présence du végétal, etc.).
- Adopter une démarche concertée de l'aménagement de l'espace souterrain en terme d'allocation de l'espace, de traitements et de conduite de travaux. Ce travail exige une connaissance approfondie de l'ensemble des solutions techniques disponibles pour assurer la bonne coexistence de toutes les composantes en présence (fondations et sous-fondations des surfaces de voirie, fondations des structures aériennes, réseaux enterrés et points d'accès associés, substrats d'enracinement, substrats de filtration, d'infiltration et/ou de stockage des eaux, etc.). Un tel niveau de compétence exige une collaboration interdisciplinaire étroite au sein de l'équipe de projet.

Le chapitre 3 de ce guide détaille les solutions disponibles pour la conception de l'espace souterrain. Pour que l'équipe de projet puisse utiliser ces solutions à bon escient, il est impératif qu'elle dispose des données relatives aux réseaux enterrés, aux caractéristiques pédologiques et, le cas échéant (pour les projets intégrant un patrimoine arboré existant), aux contraintes arboricoles (zones de protection des racines) en amont de la réalisation d'esquisses.

Réseaux enterrés

Prendre contact avec les gestionnaires de réseaux constitue une étape essentielle de l'analyse du site qui permet :

- D'obtenir des données sur la nature et la localisation approximative des câbles et canalisations enterrés dans le périmètre de l'opération. Avec les agences de l'eau et leurs concessionnaires, il est important de faire explicitement figurer dans l'intitulé de la requête les réseaux d'eau potable, d'eaux usées et d'eaux pluviales car ces actifs sont le plus souvent gérés au moyen de bases de données distinctes.
- D'avoir connaissance des travaux d'entretien ou de réfection éventuellement prévus sur les réseaux situés dans le périmètre de l'opération ou à proximité. Le cas échéant,

les calendriers de travaux peuvent alors être coordonnés comme l'illustrent les exemples du réaménagement de Hornsgatan à Stockholm (voir les études de cas n°26, p. 131 et n° 9, p. 38). Ce rapprochement peut également révéler la possibilité de solutions conjointes (voir l'étude de cas n°28, de p. 133).



Connaître l'état du sous-sol est essentiel.
Image : Professeur Kai Bong, Université de Birmingham

Les réseaux d'eaux usées et d'eaux pluviales (parfois combinés en réseau unique), de gaz et d'électricité ont tendance à être placés sous la chaussée tandis que les câbles électriques ou de télécommunication se trouvent souvent sous les trottoirs. Malheureusement, les bases de données disponibles sont rarement exactes quant aux détails de l'emplacement et aux conditions de ces actifs enterrés. De surcroît, les techniques de détection disponibles ne permettent pas à l'heure actuelle d'identifier en un seul sondage l'emplacement de tous les types de réseaux à tout niveau de profondeur.

Relever ces défis est l'objet de travaux de recherche coordonnés par l'Université de Birmingham depuis 2005. La première phase de ce programme appelé « Cartographie du monde souterrain¹¹ » a permis le développement d'une puce à radio fréquence sans silicium pour un marquage des points clés des actifs enterrés (par exemple les changements de direction, les jonctions, les vannes, etc.) et un géoréférencement de ces points dans une base de données de gestion. La conception d'une puce sans silicium pouvant fonctionner 100 ans (soit deux fois la durée de vie moyenne des canalisations en plastique modernes) constitue un progrès significatif dans une industrie où les fabricants de puce à silicium ne peuvent actuellement garantir leur produit plus de dix ans. La détection des



11

Mapping the Underworld
www.mappingtheunderworld.ac.uk



réseaux se trouverait grandement facilitée si l'existence d'une telle technologie conduisait les gestionnaires à entreprendre un marquage systématique de leurs actifs. Par ailleurs, ce programme de recherche explore également l'élaboration d'un détecteur de réseaux à capteurs multiples. L'objectif est de combiner ces techniques de détection avec des protocoles d'intégration de données intelligents tirant parti des états des lieux détenus par les gestionnaires de réseau et de la cartographie des couches superficielles du sol établie par la British Geological Survey (le Service géologique de Grande Bretagne) pour créer une cartographie 3D précise des propriétés géophysiques du sous-sol britannique.

D'ici à ce que les résultats prometteurs de ce travail deviennent disponibles, lorsque des arbres sont à planter ou que des améliorations doivent être apportées à l'espace d'enracinement d'arbres existants, il est nécessaire de collecter des données de terrain sur les réseaux enterrés pour s'assurer de la faisabilité des travaux envisagés. Pour aider les praticiens à mieux définir les prestations dont ils ont besoin, au Royaume-Uni l'Institution of Civil Engineers (ICE, l'organisme professionnel des ingénieurs civils) a parrainé la création de la norme PAS 128:2014¹². Cette norme différencie quatre niveaux de qualité pour la détection de réseaux enterrés allant de la collecte et consolidation des données cartographiques détenues par les gestionnaires d'actifs (niveau de qualité D) à l'exposition des câbles et canalisations par réalisation de fouilles et trous d'essais (niveau de qualité A). À chaque niveau est associée une marge d'erreur reflétant le degré d'exactitude à attendre des données de positionnement horizontales et verticales. La détection des réseaux enterrés s'effectue le plus souvent au moyen de techniques géophysiques tel que les détecteurs de câbles, les radars à pénétration de sol à fréquence unique ou multiples, etc. Il convient de choisir la technique la plus adaptée à la taille, aux matériaux et à la profondeur des réseaux à détecter ainsi qu'au type de substrat qui les entoure. The Survey Association (TSA, le regroupement interprofessionnel des métiers des relevés et sondages terrestres et sous marins au Royaume-Uni) met gratuitement à disposition des informations complémentaires¹³ sur les avantages et inconvénients des différentes techniques de géodétection.

Dans le cadre d'opérations d'aménagement où des arbres doivent être plantés, certaines municipalités comme le Borough de Southwark dans le Grand Londres, exigent que le volet paysage des permis de construire soit étayé par les résultats de sondages indiquant le positionnement des réseaux enterrés. Là encore, il est important que les services d'urbanisme instruisant les permis aient connaissance du degré de précision des différentes techniques de géodétection disponibles pour pouvoir valider la pertinence

des informations qui leur sont présentées. Investir dans des sondages précis durant la phase de conception permet, en outre, d'éviter des excavations malencontreuses et aux répercussions onéreuses lors des travaux.

La programmation de constructions nouvelles le long d'une voie appelée à être réaménagée offre le contexte idéal pour envisager le financement et la réalisation d'un ouvrage enterré partagé où tout ou partie des réseaux peuvent être relocalisés (voir para. 3.4.1). Les services d'urbanisme ont un rôle capital à jouer pour identifier les secteurs où de tels ouvrages peuvent ainsi être réalisés à moindre coût. Dans les grands projets, l'utilisation de tranchées partagées pour les réseaux enterrés doit clairement être retenue comme un principe d'aménagement.

Les caractéristiques pédologiques

Les caractéristiques pédologiques du site doivent être connues dès le début de la phase de conception.

Il est essentiel de déterminer si les sols se prêtent aux phénomènes de retrait-gonflement sous l'effet des variations d'humidité. Dans les zones sujettes à ce phénomène, les essences avides d'eau sont à éviter. Il convient également d'adapter la conception des fondations des bâtiments et des tranchées de réseaux implantées à proximité d'arbres existants. Pour plus de détails, voir les para. 3.3.4 et 3.4.2 de ce guide.

L'analyse des caractéristiques pédologiques du site vise également à déterminer :

- Le degré de compaction,
- La texture (taille des particules du sol et leur distribution),
- Le pH,
- Les éléments nutritifs et le contenu en matière organique,
- La salinité.

Il arrive souvent que l'un des membres de l'équipe connaisse bien la nature des sols et des sous-sols de la région. Lorsque tel n'est pas le cas ou bien que le site présente des caractéristiques pédologiques particulières (par exemple des problèmes de pollution des sols), il est nécessaire de faire appel aux services d'un spécialiste pour recueillir des échantillons testés en laboratoire et obtenir un rapport d'analyse assorti de recommandations.

Les contraintes arboricoles

L'inventaire des arbres existants sert de base pour la production d'un plan de servitudes arboricoles identifiant les arbres à conserver. Ce document indique également le périmètre de protection de la zone racinaire¹⁴ pour chaque arbre devant être préservé. Comme le montre l'étude de cas n°6, p. 34, l'emplacement des périmètres de protection de la zone racinaire doit être porté à la connaissance de l'équipe de projet dès le début de la phase de conception, avant que

12

Publicly Available Specification 128:2014, Specification for Underground Utility Detection, Verification and Location, Londres, British Standards Institution

13

Voir les deux documents suivants produits par The Survey Association (TSA) : *Guidance Note – The Essential Guide to Utility Surveys et Guidance Note – Utility Survey method of measurement Issue 2*. Tous deux téléchargeable à : www.tsa-uk.org.uk/?page_id=24

14

Voir le para. 4.6 du BS 5837:2012



toute décision sur le positionnement des structures aériennes et souterraines ne soit prise.

Au fur et à mesure qu'un avant-projet, puis qu'un projet détaillé se développent, il convient de consulter régulièrement un spécialiste de l'arbre sur l'impact du projet sur les arbres existants et les mesures compensatoires ou d'évitement à mettre en œuvre. Ces mesures sont détaillées dans un plan et un protocole de protection arboricole. Le plan (appelé *Tree Protection Plan* dans les normes britanniques) définit l'emplacement et le type de barrières à employer (par exemple des palissades définissant une zone d'exclusion), ainsi que les mesures de protection du sol (par exemple utilisation de tapis anti-compactage, de bacs de réception des huiles, de structures « radeau » temporaires, etc.) nécessaires lorsque le chantier doit empiéter sur la **zone de protection racinaire**. Le protocole (appelé *Arboricultural Method Statement* dans les normes britanniques) contient l'ensemble des recommandations relatives à l'élagage éventuellement nécessaire (par exemple une élévation de la couronne pour faciliter l'accès des engins de chantier ou accueillir un échafaudage). Le protocole précise également les soins culturels complémentaires (telle qu'une irrigation temporaire) destinés à aider le(s) arbre(s) à survivre aux travaux ainsi que les améliorations à apporter à la **zone d'enracinement** (mulch, décompactage des sols, retro-installation d'un **mélange terre-pierre**, etc.) pour maximiser la durée de vie du ou des arbre(s) concernés et des infrastructures qui les entourent. Il est souhaitable qu'un avant-projet du plan et du protocole de protection soit mis à disposition de l'équipe de conception dès que commence l'élaboration du projet détaillé. Collaboration interdisciplinaire et démarche itérative sont nécessaires pour finaliser l'ensemble de ces documents.

En complément des informations détaillées ci-dessus, et en réponse à l'utilisation croissante de substrats de plantation portants (voir para. 3.2), certaines municipalités¹⁵ préconisent également :

- L'intégration d'informations relatives à la zone d'enracinement dans les bases de données utilisées pour la gestion de leur patrimoine arboré. En rendant ces données consultables au public, l'un des objectifs est de permettre aux entreprises de construction qui interviennent sur les chantiers de voirie d'avoir connaissance de la présence de substrats portants, ces derniers exigeant un soin particulier pour toute excavation et remise en place.
- L'emploi d'un marquage au sol discret pour signaler la présence d'un substrat portant et éveiller l'attention des entreprises de travaux publics.

1.2.3

Intégrer le cycle de l'eau à la démarche de projet

Pour survivre, un arbre a besoin d'eau. Un jeune arbre dépend quasiment entièrement de l'eau présente dans la **motte racinaire** durant ses premières saisons de croissance¹⁶. Il convient donc de veiller à ce que les jeunes plantations soient suffisamment arrosées (voir para. 1.2.4 sur les soins culturels à apporter aux jeunes arbres) et que cet arrosage soit effectué de manière à ce que l'eau pénètre bien dans la motte. Les solutions disponibles pour assurer la perméabilité du **piéd d'arbre** sont détaillées au para. 2.6.2.

Il est aussi souhaitable de chercher à accroître la perméabilité des surfaces entourant le pied d'arbre et/ou de diriger une partie des eaux de ruissellement (toitures, trottoirs, etc.) vers les espaces d'enracinement des arbres. Compte tenu de la récurrence des phénomènes de sécheresse, il est impératif d'éviter tout gaspillage des ressources en eau disponibles.

Il est parfois également possible de satisfaire tout ou partie des besoins du site en matière d'assainissement pluvial en tirant parti des arbres et de leur zone d'enracinement dans la stratégie de **récupération et réutilisation des eaux de pluie (RUEP)**. Sur ce point, informations complémentaires et détails techniques sont disponibles aux para. 2.4 et 3.5 de ce guide.

Ce n'est qu'en travaillant conjointement au plan de drainage et au volet paysager que l'équipe en charge du projet pourra véritablement explorer et mettre en œuvre les stratégies décrites ci-dessus. Il revient au maître d'ouvrage de mettre en avant ce principe de travail en amont, dès la rédaction du programme et du cahier des charges associé.

1.2.4

Anticiper les problématiques de gestion dès la conception

Les **soins de parachèvement et confortement** sont indispensables aux jeunes arbres. Le budget nécessaire à la réalisation de ces soins doit être prévu dès la conception de l'opération et couvrir une période d'au moins cinq ans. Les soins couverts comprennent outre un arrosage régulier durant les saisons de croissance, des tailles de formation (voir para. 1.4.1) ainsi qu'un suivi et réajustement éventuel des systèmes de protection et d'ancrage.

En dehors de la phase de reprise durant laquelle des soins appropriés sont indispensables, un arbre ne nécessite généralement aucun soin particulier pour se maintenir en bonne santé. En revanche, en fonction des partis d'aménagement retenus, sa bonne intégration à la ville et aux usages qui l'entourent peut s'avérer plus ou moins difficile à maintenir. Il est donc essentiel de prendre en compte les



15

Voir par exemple p. 42 du guide technique de la Ville de Toronto sur la plantation des arbres – téléchargeable à : https://www1.toronto.ca/city_of_toronto/parks_forestry_recreation/urban_forestry/files/pdf/TreePlantingSolutionsBestPracticesManual.pdf

16

Watson, G. and Himelick, E.B. (2013), *The Practical Science of Planting Trees*, Champaign, Illinois : International Society of Arboriculture



- ressources (temps, compétences, budget) du gestionnaire et de le consulter sur :
- Le nettoyage des **pieds d'arbre**.
 - L'entretien des matériaux proposés pour le traitement des pieds d'arbre (voir para. 2.6.2) en termes de coût, de fréquence et facilité du repositionnement ou des réparations et remplacements éventuels.
 - L'intégration et l'entretien d'un système d'aération, et si le contexte l'exige, d'un système d'irrigation automatique.
 - L'intégration et l'entretien de piège(s) à sable et d'exutoire(s) de drainage.
 - Les besoins en matière de **taille de formation** et d'**élévation de couronne**.
 - Les points d'accès aux réseaux enterrés.

«Le concepteur doit veiller à ce que l'entretien soit simple et non essentiel à la survie de l'arbre si, pour une quelconque raison, il ne pouvait être mis en œuvre. Bien trop d'arbres sont morts suite à des erreurs de conception – tel que l'inclusion de corsets de protection ou de grilles de pieds d'arbre inadapté(e)s aux pratiques du gestionnaire».

Howard Booth, Transport for London

1.2.5

Les arbres, un atout de poids pour les enquêtes publiques et les autorisations d'urbanisme

L'enquête publique est un temps fort des opérations d'aménagement et des projets de transport.

Lorsque la Ville de Bristol a lancé la réalisation de neuf lignes de bus express, les services des transports et de la voirie ont observé qu'une collaboration renforcée avec leurs confrères des espaces verts pour inclure plus d'arbres dans les aménagements proposés améliorerait sensiblement la réception du projet par le public et le bon vouloir des riverains à accepter les perturbations dues aux travaux. Dans le petit nombre de cas où l'introduction de nouveaux arbres souleva des inquiétudes (voir l'étude de cas n°14, p. 74), il a suffi à l'équipe d'organiser des visites de sites déjà aménagés pour apaiser les esprits, voire susciter l'enthousiasme. L'une des retombées positives du projet a aussi été de stimuler l'intérêt des communautés locales pour participer aux soins des jeunes arbres (voir para. 1.4.1).

Lorsqu'une autorisation d'urbanisme doit être obtenue, adopter une approche positive à l'égard des arbres facilite également souvent la procédure. Parmi les bons réflexes à avoir, on retiendra notamment :

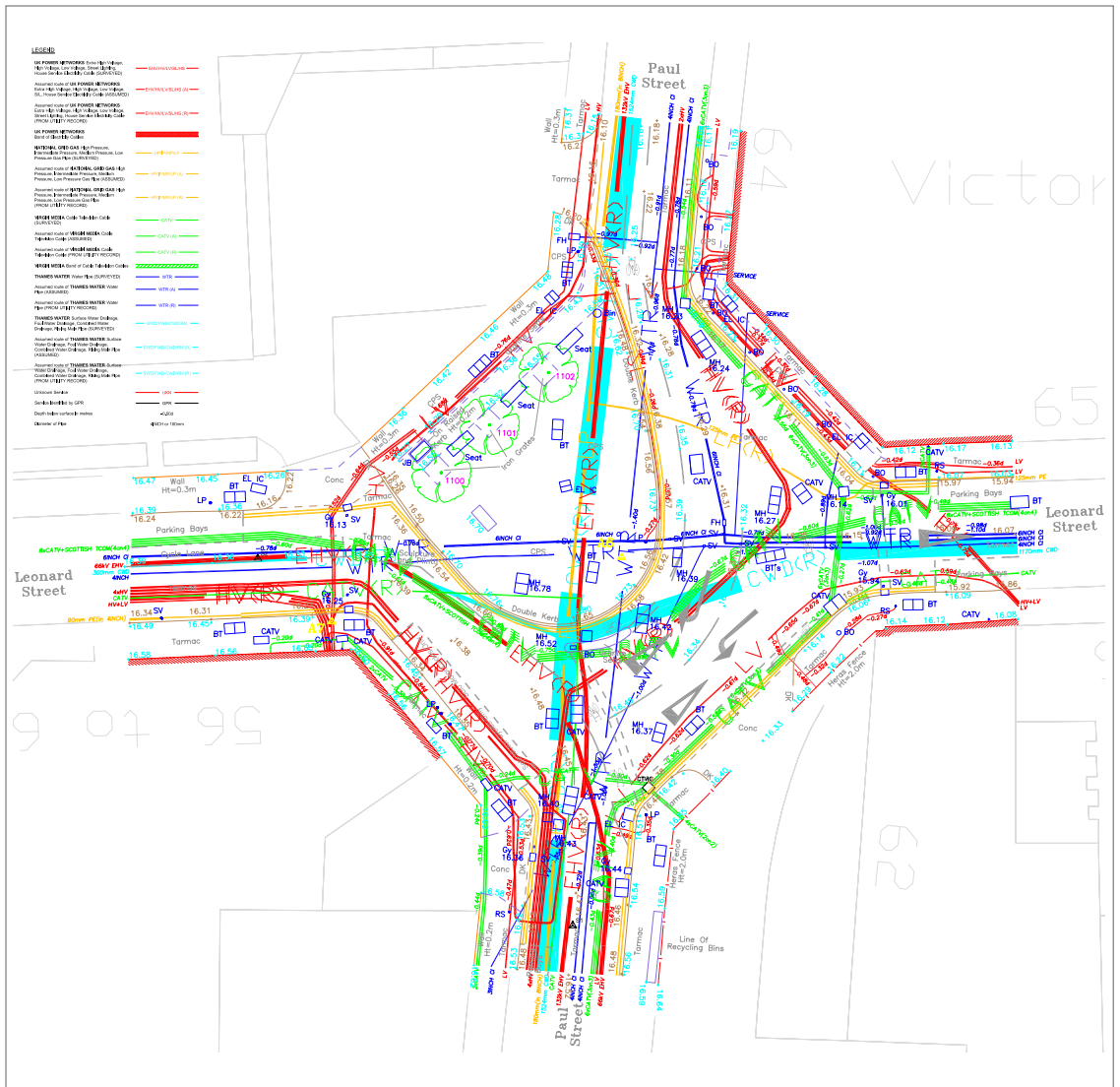
- La conduite, en tout début de projet, d'un inventaire du patrimoine arboré conforme aux normes en vigueur (au Royaume-Uni : BS 5837:2012) et l'adoption d'un parti d'aménagement favorisant le maintien des éléments les plus significatifs de ce patrimoine, qu'il se trouve sur le site ou à proximité. Au Royaume-Uni, de par la loi, l'impact d'une construction nouvelle sur les arbres existants constitue l'un des éléments à prendre en compte dans l'instruction d'un permis de construire – et ce, que les arbres concernés soient protégés ou pas. Le type et niveau de détail requis par les services d'urbanisme pour évaluer l'impact d'une construction sur les arbres qui l'entourent varient en fonction du projet et du stade du dossier d'instruction. Le tableau B1 de la norme anglaise BS 5837:2012 fournit un exemple.
- L'adoption spontanée de mesures de remplacement adéquates lorsque l'abattage d'un ou de plusieurs arbre(s) ne peut être évité (voir le Principe 3 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*, et les études de cas associées).
- La plantation de nouveaux arbres dotés d'un espace et d'un substrat d'enracinement offrant de bonnes conditions de croissance.
- La mention explicite dans le volet paysager du dossier de permis de la valeur monétaire des arbres préservés et des bénéfices attendus des nouveaux arbres plantés.

1.2.6

Commander ses arbres au bon moment auprès des pépiniéristes

Les délais de production des pépiniéristes varient selon la composition de leur stock ainsi que les dimensions, les essences, la structure de branches et autres spécifications des arbres commandés. Consulter les pépiniéristes dès que possible dans la démarche de projet est donc indispensable si l'on souhaite satisfaire les exigences du calendrier de livraison sans compromettre les ambitions inscrites au volet paysage du projet (voir l'étude de cas n°2, p. 30). Il est préférable de faire appel à des pépiniéristes locaux et/ou pratiquant une gestion responsable des plants importés afin de réduire les risques d'importation de pathogènes et de ravageurs.

Voir le chapitre 4 de cet ouvrage pour plus de conseils sur la sélection des essences ainsi que la spécification, le stockage et la manutention des jeunes plants.



Le projet de Léonard Circus (voir l'étude de cas n°14 p. 74) n'aurait pas été possible sans une analyse rigoureuse préalable des conditions du sous-sol. Le plan ci-dessus synthétise le résultat des détections réalisées au radar et des données communiquées par les gestionnaires de réseaux enterrés.



En complément de la collecte de données décrite ci-dessus, des trous d'essai ont été pratiqués là où les informations étaient insuffisantes.



Une fois l'emplacement final des arbres à planter arrêté, leur positionnement a été clairement marqué sur le site du chantier. Images : London Borough of Hackney



1.3 Réalisation : intégration des tâches et suivi de chantier

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Indiquer clairement au cahier des charges du marché de travaux les normes à respecter (au Royaume-Uni : BS 5837:2012, BS 8545:2014, BS 3998:2010 et le Volume 4 des Directives NJUG) et le mode de calcul des pénalités encourues en cas de violation.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet - Responsable passation et achats
Vérifier que les entreprises de travaux publics ont un niveau de sensibilisation aux problématiques environnementales adapté (certification ISO 9001) et prévoir, lorsque nécessaire, un complément de formation sur les arbres.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet - Responsable passation et achats
Veiller à programmer au bon moment en relation avec les autres activités de chantier le travail d'élagage et toutes autres mesures de préparation et/ou de protection des arbres ainsi que les activités de plantation.	- Chargé de projet - Spécialiste de l'arbre
Former le chef de travaux à la protection des arbres sur chantier ainsi qu'aux principes d'installation de systèmes d'enracinement portants et de substrat à faible compactage.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Budgétiser et assurer une présence régulière du ou des spécialiste(s) de l'arbre sur le chantier.	- Chargé de projet

1.3.1 Du projet aux travaux : établir les contrats, les qualifications et les rôles

Pour les travaux sur le domaine public, les collectivités locales disposent parfois de services techniques susceptibles d'effectuer l'opération en régie. Toutefois, le plus souvent, un marché de travaux est passé avec un prestataire de service externe. Pour les opérations privées, le recours à l'appel d'offres est systématique.

Dans tous les cas, il convient de bien définir les champs de responsabilité et l'ordre dans lequel les travaux sont à réaliser. L'installation de systèmes d'enracinement portants exige en cette matière une rigueur toute particulière (voir para. 3.2).

Il est par ailleurs souhaitable de s'appuyer sur les normes et référentiels de bonnes pratiques disponibles pour spécifier dans le cahier des charges :

- Les modalités de protection d'arbres sur un chantier. Au Royaume-Uni, la norme BS 5837:2012 constitue le référentiel sur ce point.
- Les modalités d'installation et d'entretien des réseaux enterrés à proximité des arbres. Au Royaume-Uni, la dernière édition du Volume 4 des Directives du National Joint Utilities Group (NJUG, le regroupement professionnel des gestionnaires de réseaux) constitue le référentiel sur ce point.
- Les modalités de sélection et plantation de nouveaux arbres. Au Royaume-Uni, la norme BS 8545:2014 constitue le référentiel sur ce point.
- Les modalités d'intervention (taille, élagage, abattage, etc.) sur le patrimoine arboré existant. Au Royaume-Uni, la norme BS 3998:2010¹⁷ constitue le référentiel sur ce point.

- Le niveau de sensibilisation aux problématiques environnementales attendu des entreprises travaillant à proximité d'arbres (par exemple, via une certification ISO 9001).
- Le niveau d'expertise en ingénierie attendu des concepteurs et installateurs de systèmes d'enracinement portants (voir para. 3.2).

Les règles d'indemnisation applicables en cas de non-respect des normes et principes de travail définis doivent elles aussi figurer au cahier des charges. Il convient de spécifier les conditions et le mode de mise en œuvre des mesures compensatoires. Si, dans ce contexte, une évaluation monétaire du ou des arbres impliqués est exigée (ce qui est souhaitable), la méthode d'évaluation à employer, le profil de l'expert compétent et le champ des dommages pouvant ainsi être soumis à évaluation devront également être précisés dans les documents contractuels, en amont de la passation de marché.

Le plus important demeure bien sûr que, dans l'éventualité où des infractions viendraient à se produire, les dispositions contractuelles d'indemnisation soient appliquées. Pour cela, il est indispensable d'inscrire au budget du projet les ressources nécessaires au suivi du respect du cahier des charges.

1.3.2 Optimiser le calendrier des travaux

Pour un projet comportant des arbres, deux éléments clés sont à prendre en compte lors de la conception du calendrier de travaux :

- *La saison de dormance des arbres*. Effectuer les plantations lors de la saison



17
British Standard 3998:2010, *Tree Work. Recommendations*, Londres, British Standards Institution



de dormance est toujours préférable. En règle générale, il est souhaitable d'attendre la fin de l'automne. Les sols encore suffisamment chauds permettent alors une reprise immédiate de la croissance des racines. Le développement racinaire cesse généralement en hiver. Certains conifères dérogent à cette règle et bénéficient d'être plantés au début du printemps. Si des conifères figurent parmi les essences à planter, les conseils d'un spécialiste de l'arbre doivent être recueillis sur les essences concernées. Cette attention aux détails permet de réduire le choc de transplantation subi par la plante, les risques de défaillance, et les soins culturels associés. Lorsque les contraintes sont telles que la plantation doit avoir lieu à d'autres moments de l'année, il est alors indispensable de bien le spécifier auprès du pépiniériste et de prendre conseil auprès de lui pour éviter une fragilisation des racines du jeune plant.

– ***L'ordonnancement des tâches relatives aux arbres et des autres travaux de construction.***

Lorsqu'un projet comporte des arbres existants, toutes les mesures de protection doivent être en place avant que les travaux de démolition, de terrassement ou de construction ne commencent. Pour les projets prévoyant la plantation d'arbres, des économies substantielles peuvent être réalisées lorsque que les interventions liées au paysage sont bien intégrées au déroulé des travaux plutôt que réalisées en bloc, une fois le travail des entreprises de génie civil achevé. Les exemples de Bristol Bath Road (étude de cas n°8, p. 37) et du parking public de Henley-on-Thames (étude de cas n°9, p. 38) en fournissent une illustration éloquent.

1.3.3

Présence sur chantier et supervision

La présence sur site d'un spécialiste de l'arbre travaillant en étroite collaboration avec le chef de chantier permet d'avancer plus vite et mieux. Par exemple :

- Les questions inévitablement soulevées au jour le jour peuvent être résolues immédiatement. À Bristol où le programme d'amélioration de neuf lignes de bus s'appuyait sur un ambitieux programme de plantation, le chargé de projet a fait le choix de créer un poste temporaire de spécialiste de l'arbre exclusivement dédié au projet, et ce, afin de respecter les délais très courts de livraison prévus (voir l'étude de cas n°14, p. 74).
- Le respect des mesures de protection du patrimoine arboré existant fera l'objet d'un suivi plus étroit, ce qui ne pourra conduire qu'à de meilleurs résultats, comme l'illustre l'étude de cas n°6, p. 34.
- Lorsque des techniques moins familières sont employées pour renforcer les propriétés portantes de la **zone d'enracinement** (voir para. 3.2), l'installation sera grandement facilitée si le chef de chantier et le spécialiste de l'arbre ont au préalable échangé sur les principes de fonctionnement et d'installation du système utilisé. À Lyon en France et à Stockholm en Suède, deux villes où les mélanges terre-pierre sont fréquemment utilisés, des séances de formation auprès des chefs de chantier sont régulièrement organisées.
- Des alliances voient jour si, lorsque des excavations révèlent une opportunité de planter un arbre supplémentaire (au cas où, par exemple, les réseaux enterrés ne sont pas là où on les attendait), le chef de chantier prend note et prévient son collègue en charge du paysage.



Cette rue du vieux centre d'Amsterdam illustre l'efficacité d'une approche intégrée et multi-usage des aménagements de voirie. Image : Anne Jaluzot



1.4 Entretien et suivi

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Assurer la mise en œuvre de soins de parachèvement et confortement conformes aux recommandations des normes en vigueur (au Royaume-Uni, l'annexe G de la norme BS 8545:2014).	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Inclure aux critères utilisés pour le programme de suivi du projet des indicateurs rendant compte de la croissance et de l'état sanitaire des arbres.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet
Examiner les opportunités d'associer plusieurs services au sein d'une même collectivité ou plusieurs collectivités dans le cadre de passation de marchés publics, afin de diminuer le coût unitaire des prestations et d'élargir le champ des spécialistes à disposition des projets (par exemple : expert en plantations ou en gestion d'arbres remarquables, pédologue, etc.)	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet - Spécialiste de l'arbre
Prendre en considération le rôle que riverains et volontaires sont susceptibles de jouer pour l'entretien et le suivi des jeunes arbres.	- Spécialiste de l'arbre - Chargé de projet

1.4.1 Les soins de parachèvement et confortement

Il est indispensable de prévoir cinq années de soins culturels dédiés au **parachèvement et au confortement** des jeunes arbres.

A minima, ces soins consisteront en :

- Un arrosage fréquent et régulier. Les arbres récemment transplantés sont extrêmement dépendants de l'eau présente dans la motte car c'est dans cette dernière que se trouvent la majorité des racines. Un arrosage fréquent et régulier est donc nécessaire durant une période couvrant au moins deux saisons de croissance complètes. Il convient d'obtenir les conseils d'un spécialiste de l'arbre pour bien calibrer fréquence et volume des apports en eau.
- Des contrôles et ajustements des systèmes de tuteurage ou d'ancrage.
- La suppression des systèmes de tuteurage et de protection lorsqu'ils ne sont plus nécessaires.
- Des contrôles des grilles de **piéd d'arbres** et autres éléments de mobilier urbain pour veiller à ce que ces éléments n'endommagent pas les arbres.
- Le réapprovisionnement des paillis ou du mulch placés à la base des jeunes arbres sur un diamètre et une profondeur (entre 5 et 10 cm) clairement définis, de sorte à faciliter les opérations de contrôle de qualité.
- La **taille de formation**. Les tailles pratiquées par le pépiniériste font partie du procédé de production des arbres. La structure de branche qui en résulte n'est, en règle générale, que temporaire. Les arbres ne faisant pas l'objet d'une taille de formation durant les premières années suivant leur transplantation dans le milieu urbain sont plus enclins à développer des défauts. De tels défauts sont susceptibles de diminuer leur durée de vie voire de poser un risque pour les personnes et biens situés à proximité. La pratique de tailles de correction une fois l'arbre mature engendre

des coûts importants. La **taille de formation** est donc une pratique qui s'impose, tant sur un plan culturel et sécuritaire que financier.

Les soins de parachèvement et de confortement font partie intégrante de la démarche de plantation. Ils doivent en conséquence être budgétisés dès la phase de conception du projet et couverts, autant que possible, par le budget d'investissement associé.



La participation des résidents à l'arrosage des jeunes arbres à Hackney.
Image : London Borough of Hackney



Impliquer les riverains dans les soins cultureux et le suivi des jeunes arbres constitue une approche efficace pour réduire les risques de vandalisme et améliorer le taux de réussite des plantations.

1.4.2 Suivi et amélioration continue

Un suivi est essentiel à la préservation réussie d'un patrimoine arboré durant un chantier. Ce suivi consiste en des visites de chantier pour vérifier le respect des mesures de protection prescrites au plan et protocole de protection arboricole ainsi que leur efficacité. Cette dernière sera évaluée au moyen d'observations morphologiques (par exemple, vérifier l'absence de branches cassées) et physiologiques (par exemple, vérifier l'absence de signes de stress hydrique). Lorsque des mesures de protection du sol sont adoptées afin de permettre un empiètement du chantier sur la **zone d'enracinement**, il est important d'effectuer des tests de compactage au moyen d'un pénétromètre au moins avant le commencement et après l'achèvement des travaux. Sur les chantiers d'envergure et de longue durée comme celui du Angel Building (voir l'étude de cas n°6, p. 34), il est souhaitable de tester l'efficacité des mesures anti-compactage à mi-course pour que des corrections puissent éventuellement être apportées avant que trop de dommages n'aient été infligés. Pour ce type d'opérations lourdes, il est fortement conseillé de maintenir un suivi au-delà de la date d'achèvement du chantier. La nécessité et les modalités éventuelles d'un tel régime d'inspection sont à décrire dans le protocole de protection arboricole du projet.

Pour les arbres nouvellement plantés, une évaluation annuelle de leur bon développement et de leur état sanitaire est à prévoir. Le para. 11.5.1 de la norme britannique BS 8545:2014 constitue une référence utile sur ce point.

Les collectivités locales ont parfois l'obligation d'assurer le suivi et/ou d'évaluer certains projets. Les contraintes budgétaires ou de personnel sont toutefois telles que ce type de démarche est souvent difficile à mener à bien. Par exemple, sur un grand projet comportant un nombre important d'arbres (préservés ou nouvellement plantés), il ne sera probablement pas possible de suivre chaque spécimen. En revanche, il est souvent possible de conduire un suivi sur la base d'un échantillon représentatif en recueillant des données relatives à la croissance et à l'état sanitaire des arbres, ainsi que des observations qualitatives, tel que le recommande le para. 4.2 de LTN1/08.

Dans certains cas, riverains et autres volontaires peuvent s'impliquer dans les mesures de suivi.

1.4.3 Optimiser sa démarche d'achat

Un grand nombre d'options s'offre aux collectivités locales et autres organismes assurant la gestion des espaces urbains lorsqu'il s'agit d'engager un prestataire de service pour l'entretien ou la réalisation de travaux. Il est souhaitable de réévaluer régulièrement la pertinence de la reconduite de ces choix afin d'optimiser la démarche d'achat aux réalités changeantes des besoins et du marché. Parmi les paramètres à prendre en compte dans cette réévaluation régulière :

- **L'impact du type de contrat retenu** sur la qualité des prestations et la diversité des prestataires locaux susceptibles de remplir les termes du marché. La Métropole du Grand Lyon s'est engagée dans sa Charte de l'Arbre (voir l'étude de cas n°31, p. 151) à diversifier et à augmenter la résilience de sa **population d'arbres** en achetant des plants adaptés au climat local actuel et à venir, ainsi qu'en exigeant une traçabilité de l'origine de ces plants. Pour atteindre cet objectif de qualité, le Grand Lyon s'est investi dans le développement d'une chaîne d'approvisionnement locale en partenariat avec les pépiniéristes de la région. Le Grand Lyon s'est également engagé à travailler avec des entreprises de paysage locales, afin de développer sur la région un savoir-faire de l'ingénierie du végétal performant tant sur le plan de la qualité des prestations que des coûts.
- **L'opportunité de grouper les achats au sein d'une même organisation.** Pour les services d'entretien courant des espaces verts ou les prestations telles que l'enlèvement de véhicules (fourrières), un achat groupé permet souvent de réaliser des économies d'échelle, car le coût unitaire des prestations tend à diminuer avec l'augmentation du volume du marché. À Bristol par exemple, les services de voirie de la Ville disposaient d'un contrat bien plus avantageux pour l'enlèvement de véhicules que leurs collègues des espaces verts. Les deux services se sont donc rapprochés pour mutualiser leurs achats.
- **L'opportunité de mutualiser les achats de plusieurs organismes ou collectivités.** Certaines prestations très spécialisées telle que la plantation et les soins aux jeunes arbres dans les sites très urbanisés exigent une main d'œuvre très qualifiée. Se procurer ces services sur la base des besoins d'une seule collectivité peut s'avérer trop onéreux (coûts de la démarche d'appel d'offre au regard du volume de prestation). Il peut donc être avantageux, pour ce type de prestations de s'associer avec d'autres collectivités situées dans la région. Dans le Grand Londres, le Borough d'Islington s'est ainsi rapproché des communes voisines pour passer un marché avec un spécialiste de la plantation des arbres en milieu urbain.





Voir l'annuaire des études de cas p. 156



Étude de cas n°1 Melbourne met en place une gestion intégrée des projets de voirie pour doubler son taux de couverture arborée

Lieu
Melbourne,
Australie

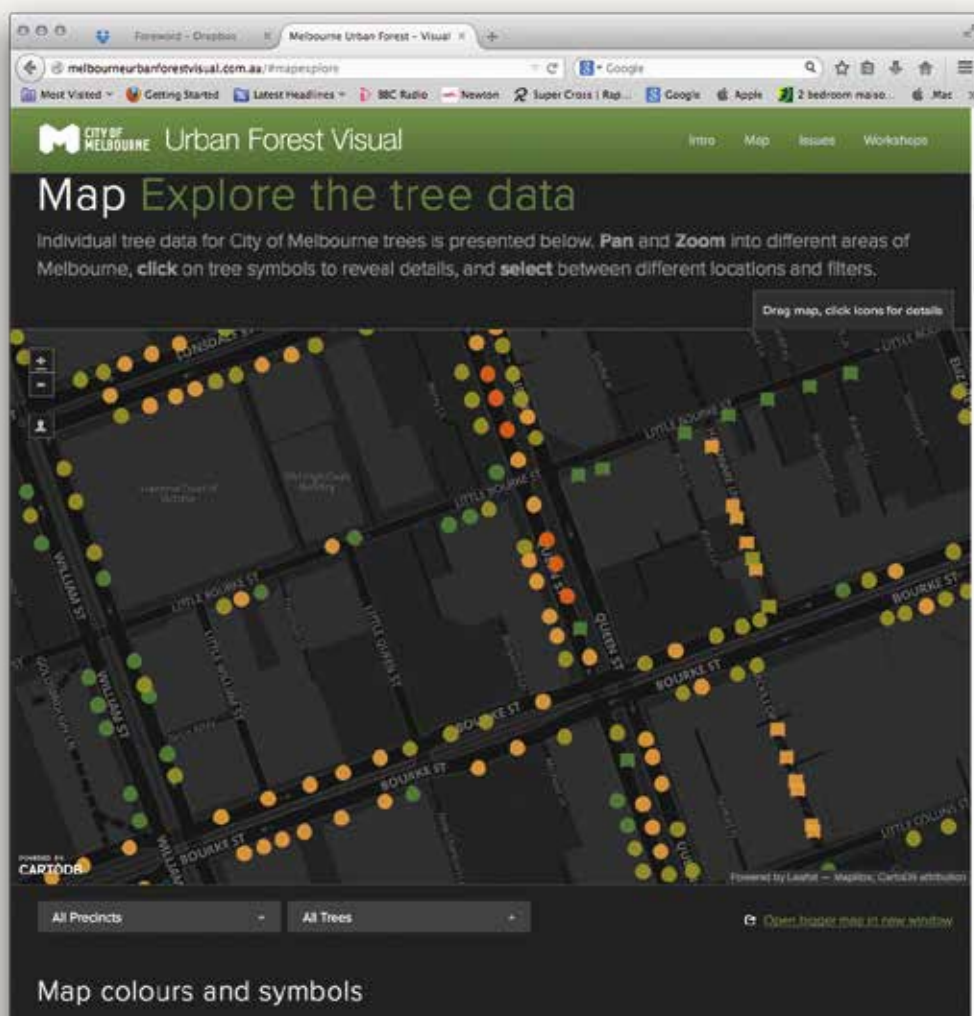
Type de projet
Voirie

Melbourne vise à doubler sa **couverture arborée** d'ici 2040, en passant de 22,5% à 40%. Pour atteindre cet objectif, le service paysage de la municipalité a réalisé un inventaire des arbres d'alignement. Ce service assure la planification stratégique, les projets et l'entretien de l'ensemble des espaces verts de la ville (parcs, jardins et arbres du domaine public). L'inventaire réalisé a recueilli des données sur les essences, les dimensions et l'état sanitaire de chaque arbre et a servi de base pour modéliser l'évolution de la couverture arborée des espaces publics selon différents scénarios, dont celui de non-intervention. Ce travail a montré que, pour atteindre un taux de couverture arborée de 40% d'ici 2040, la plantation de c. 3 000 arbres par an pendant la prochaine décennie s'avérait nécessaire. En complément du nombre d'arbres à planter, la modélisation réalisée a également pris en compte l'incidence des conditions de plantation. Ce travail a mis en évidence la nécessité de revoir le positionnement des arbres d'alignement et de les décaler autant que possible au-delà de la bordure de trottoir (*i.e.* côté caniveau dans la bande de stationnement), là où ils sont susceptibles de disposer de l'espace aérien et souterrain nécessaire à leur pleine croissance ainsi que d'un meilleur accès

à l'eau. Une vaste opération de concertation publique a été initiée pour établir, à l'échelle de chaque quartier, un plan définissant pour la décennie à venir les espaces à planter en priorité, le style et les essences à utiliser afin de renforcer l'identité locale, et les bénéfices recherchés par ces plantations.

Assurer la mise en œuvre de ces plans de quartier exige une collaboration accrue entre les différents services de la ville. Un comité de coordination a donc été créé réunissant, sur une base mensuelle, les personnels clés des services techniques, de gestion du trafic et du stationnement et du paysage. Ce comité veille à ce que chaque projet de voirie intègre les objectifs de végétalisation définis dans le plan de quartier correspondant. Le comité de coordination veille également à la répartition des ressources budgétaires, ainsi qu'à une bonne coordination des efforts de concertation avec le public. Une coordination similaire a lieu avec les services d'urbanisme pour les opérations d'aménagement appelées à avoir un impact sur les espaces publics.

Extrait de la carte en ligne de la forêt urbaine de la Ville de Melbourne
<http://melbourneurbanforestvisual.com.au>





Étude de cas n°2 Des arbres pour redonner un souffle aux commerces et restaurants d'Ocean Road

Lieu
South Tyneside,
Angleterre

Type de projet
Développement local

Assurer un avenir à l'économie de South Shields, l'une des localités du district de South Tyneside dans le nord-est de l'Angleterre, exige de renforcer le tourisme et le commerce local. Réalisé par le service de développement économique avec le soutien actif du chef des services, le schéma directeur *South Shields 365 Town Centre Vision* a changé le niveau d'ambition pour Ocean Road. Cette rue bordée de restaurants, de chambres d'hôtes et de boutiques s'étire du centre-ville jusqu'à la plage et au parc littoral qui accueillent en moyenne 1,7 million de visiteurs par an. Alors qu'initialement, seule une simple réfection des revêtements était prévue, Ocean Road est progressivement devenu le point focal d'une requalification des espaces publics. Le chef des services du district a fait valoir que l'inclusion d'arbres au projet offrait un moyen efficace pour atteindre l'objectif recherché. Les services techniques, d'aménagement et de voirie ont donc travaillé ensemble pour déterminer comment intégrer durablement 78 arbres dans une rue bordée de devantures tout en améliorant les conditions d'accessibilité et en augmentant le stationnement. La solution retenue repose sur les choix suivants :

- La sélection du charme (*Carpinus betulus*), une essence d'arbre présentant une bonne résistance au vent et aux embruns salés. Le cultivar retenu (« Frans Fontaine ») se caractérise par un port fastigié (houppier en forme de colonne), ce qui assure la bonne visibilité des enseignes commerciales. Six arbres ont été plantés à titre d'essai dans un jardin public du quartier afin de consulter plus facilement les commerçants sur l'espacement des plantations. Dès le programme finalisé,

la paysagiste du district s'est rendue chez le pépiniériste pour choisir et marquer les spécimens appelés à être plantés deux ans plus tard.

- L'installation de systèmes d'enracinement portants, permettant aux arbres de disposer d'un sol aéré, sans compromettre les contraintes d'intégrité des surfaces et de résistance mécanique de la voirie. Les systèmes choisis répondent aussi aux contraintes associées aux réseaux enterrés : pour le côté sud de la rue où un accès fréquent aux réseaux est nécessaire, c'est une armature modulaire facilement démontable (StrataCell) qui a été retenue tandis que pour le côté nord de la rue, un système en radeau (Permavoid Sandwich Construction) a été utilisé. Des rencontres techniques ont été organisées entre les fournisseurs de ces systèmes et les services techniques du district afin de passer en revue le détail des méthodes de construction et de vérifier, démonstration à l'appui, les modalités d'accès aux réseaux intégrés à une installation.

Le projet a été financé par le budget du district et par des subventions reçues au titre du *Local Sustainable Transport Fund* (voir p. 15) et du soutien au développement économique local. La première phase de travaux s'est achevée en Avril 2014 et la fin de la seconde en Septembre 2015.

Première phase de requalification d'Ocean Road en voie de finition en Mars 2014 : le choix d'arbre à port fastigié maintient une bonne visibilité des devantures.

Image : South Tyneside District Council





Étude de cas n°3 Les retombées des arbres proposés à Chobham Manor estimées à plus de 1 million de livre sterling par an

Lieu
Stratford, Londres,
Angleterre

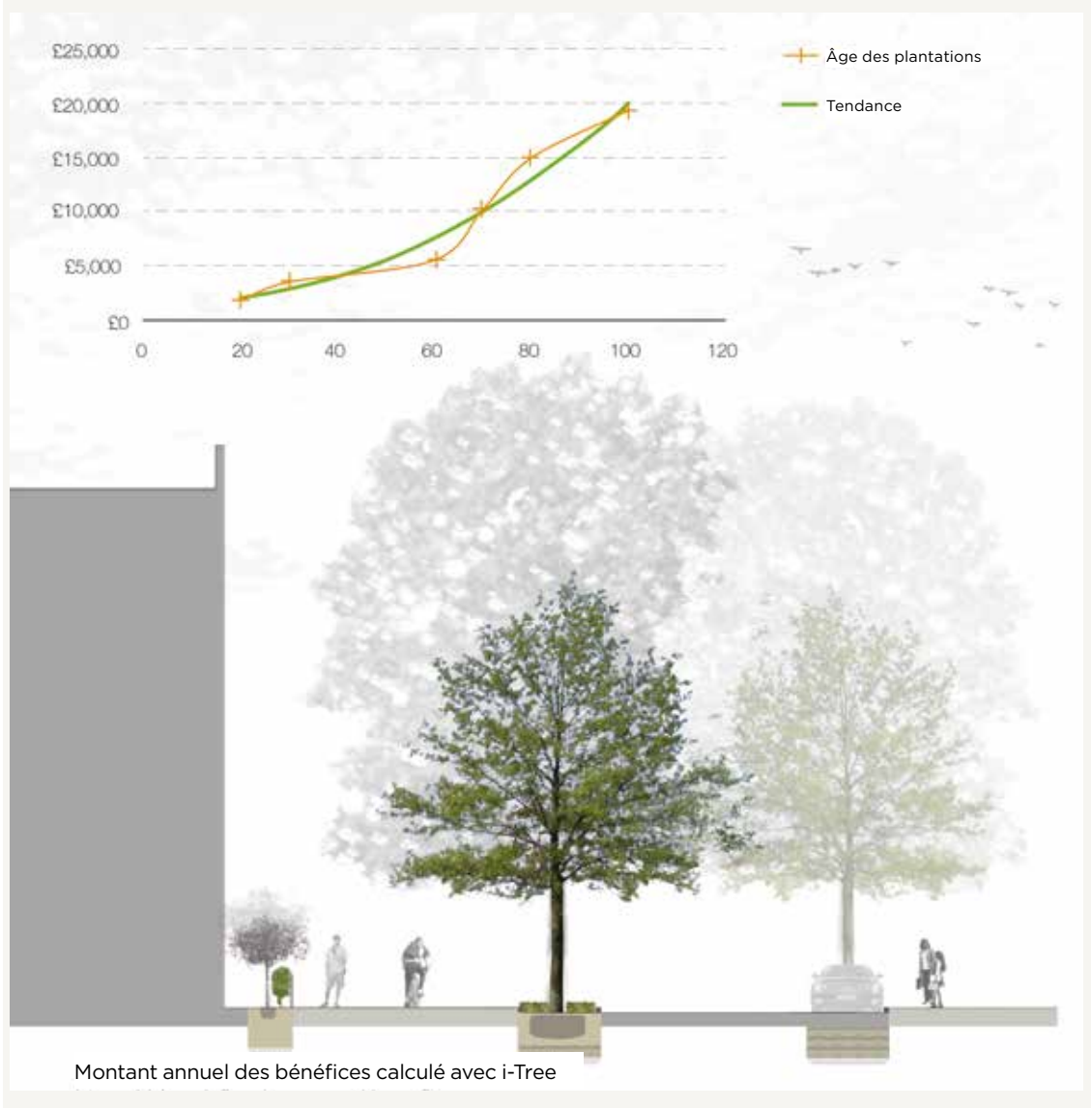
Type de projet
Résidentiel

Chobham Manor est l'un des cinq nouveaux quartiers prévus sur le site du village olympique des J.O. de 2012 à Londres. Le permis de construire des 259 logements compris dans la première phase de l'opération a été octroyé en Janvier 2014. Compte tenu de la proximité du parc (le *Queen Elizabeth Olympic Park*) et des équipements emblématiques résultants des J.O., le volet paysage du projet a fait l'objet d'une attention accrue. Il prévoit la plantation de plus de 150 arbres dont des chênes à épingles (*Quercus palustris*) et des érables (*Acer campestre*) pour les nouvelles rues, et des chênes pédonculés (*Quercus robur*) ainsi qu'un mélange d'essences en cépée propices à la biodiversité pour les trois jardins prévus au centre de l'opération.

Le projet de paysage figurant au dossier du permis définit également les solutions techniques retenues pour l'espace d'enracinement des plantations. Pour les arbres d'alignement, le principe d'utilisation d'un système à caissons a été retenu afin d'assurer de bonnes conditions de croissance aux plantations tout en maximisant la valeur d'usage des rues.

Une évaluation monétaire des retombées environnementales attendues des plantations a été réalisée au moyen des modèles qui sous-tendent i-Tree Eco. Fondée sur un profil de croissance ne pouvant être atteint que par des arbres bénéficiant de bonnes conditions, cette estimation constitue un excellent argument en faveur des investissements proposés pour la préparation des espaces d'enracinement. Bien que ne retenant que les services rendus par les arbres en matière de séquestration du carbone et d'élimination de la pollution atmosphérique, le calcul a démontré que passé 30 ans après leur livraison, les plantations proposées pour Chobham Manor sont susceptibles de générer des retombées d'une valeur estimée à plus de 1 million de livres sterling par an.

Profil en coupe des plantations proposées pour les rues du nouveau quartier et modélisation de la valeur annuelle des bénéfices environnementaux générés par les chênes à épingles (*Quercus palustris*). Image : J & L Gibbons et Treeconomics





Étude de cas n°4 Aux États-Unis, un promoteur introduit le « système de Stockholm »

Lieu
Minneapolis,
Minnesota,
États-Unis

Type de projet
Résidentiel

Third North Apartment est un nouveau complexe de 204 logements occupant la moitié d'un bloc au nord du centre-ville de Minneapolis. Le promoteur de l'opération, Richardson-Schafer, a dû faire preuve de persévérance auprès des commissions relatives à l'urbanisme et aux monuments historiques pour être autorisé à inclure quelques arbres le long des trottoirs bordant l'opération. D'après Kit Richardson, directeur de Richardson-Schafer : « certains membres de ces commissions souhaitaient que nous ne plantions pas d'arbres afin de maintenir le caractère minéral de cet ancien quartier industriel. Ce parti d'aménagement a fait controverse car un grand nombre d'anciens bâtiments industriels ont été convertis en logements, et les habitants veulent des arbres et des espaces verts ».

Kit Richardson souhaitait également tirer parti des arbres pour la gestion des eaux de pluie. Siégeant à titre de représentant du secteur privé à la commission Arbres animée par le maire de Minneapolis, Kit Richardson avait par ce biais entendu parler du « système de Stockholm ». Il a ensuite trouvé en la personne du spécialiste de l'assainissement pluvial des services techniques de la ville un appui solide pour défendre l'idée d'essayer ce système. Minneapolis a été l'une des villes pionnières aux États-Unis pour instaurer un système de « crédit d'assainissement¹⁸ » combinant prescriptions réglementaires et incitations financières pour améliorer la qualité et réduire le volume des eaux de ruissellement entrant dans les réseaux. La **récupération et l'utilisation de l'eau de pluie (RUEP)** constitue un objectif explicite des politiques locales depuis 2005.

C'est par référence à deux exemples locaux que Kit Richardson et les services techniques de la Ville de Minneapolis ont pris confiance en l'idée de recourir à un **mélange terre-pierre** tel que celui employé

pour le « système de Stockholm ». Bon nombre des forêts les plus denses de la région poussent sur des terrils de scories, vestiges de l'ancienne activité minière. Tirant les leçons de cette étonnante reconquête naturelle, l'Université du Minnesota a lancé des expérimentations sur l'utilisation de lits de graviers pour la culture de jeunes arbres en pépinière. Les excellents résultats obtenus ont été rapportés à la commission Arbres animée par le maire de Minneapolis à laquelle siège aussi l'Université.

Armés de ces précédents locaux, les concepteurs engagés par Richardson-Schafer ont recruté les conseils d'un spécialiste suédois pour guider l'adaptation du « système de Stockholm » au substrat sableux et donc extrêmement drainant de la région des Twin Cities. Jusqu'alors, le « système de Stockholm » n'avait été employé que dans des villes reposant sur un socle granitique (comme Stockholm) ou sur des sols argileux (comme Malmö). L'équipe souhaitait donc ajuster la capacité de rétention d'eau du système.

En termes d'essence, les concepteurs ont choisi un cultivar d'ormes (*Ulmus 'Morton' Accolade*) résistant à la graphiose, tolérant les variations d'humidité du sol et l'exposition en plein soleil. Des apports argilo-limoneux ont été installés immédiatement autour de la motte. Tenus en place par une natte de fibres de coco, ces apports ont vocation à faciliter la rétention d'eau durant les premières saisons de croissance. Avec le temps, la natte est appelée à se décomposer, mais à ce stade, il est attendu que l'arbre aura suffisamment colonisé la partie supérieure du mélange terre-pierre pour tirer parti de la matière organique (susceptible de stocker l'eau) qu'il contient.

Intégrer arbres et RUEP dans un ancien quartier industriel. Image : Urbanworks architecture LLC



18

Pour plus de détails, voir : www.minneapolismn.gov/publicworks/stormwater/fee/stormwater_fee_stormwater_mngmnt_feecredits





Étude de cas n°5
Un partenariat public-privé
exemplaire pour doter Dortmund
Square d'un future arbre
remarquable

Lieu
Leeds,
Angleterre

Type de projet
Commercial

Située juste en retrait de l'avenue commerçante principale de Leeds, Dortmund Square est la place piétonne la plus fréquentée du centre-ville. Sa requalification était prévue pour l'hiver 2012-13. L'objectif était simplement de moderniser le mobilier urbain et de refaire le pavage abîmé par les racines de cinq alisiers blancs (*Sorbus aria*) dotés de conditions d'enracinement inappropriées. Lorsque le remplacement des alisiers a été identifié comme la meilleure solution, l'équipe de gestion du centre-ville a invité des représentants des services de voirie, de l'éclairage public, de la télésurveillance, des espaces verts, ainsi que le spécialiste accessibilité de la Ville, un représentant de la police municipale et le gestionnaire du centre commercial St John ouvrant sur la place à travailler ensemble au projet. Les membres de l'équipe des espaces verts ont fait valoir que ne replanter qu'un seul arbre doté des conditions nécessaires pour développer un grand **houppier**, sans causer de conflit avec les infrastructures environnantes, servirait mieux cet espace public si connu et fréquenté qu'un remplacement à l'identique.

Pour permettre au nouvel arbre choisi, un platane commun (*Platanus x hispanica*), de vivre au moins cent ans et d'atteindre plus de 30 m de haut, l'équipe a prescrit la création d'un **espace d'enracinement** de 28 m³ étayé d'armatures modulaires portantes (Sylva Cell) assurant le non-compactage des sols.

Pour garantir de bonnes conditions d'accessibilité, une perméabilité à l'infiltration des eaux de pluie ainsi qu'une esthétique satisfaisante, un revêtement en gomme perméable et flexible a été employé autour

de la base de l'arbre. Le centre commercial St John a parrainé l'achat et l'installation d'un banc circulaire protégeant l'arbre tout en renforçant sa valeur d'usage. Le positionnement des caméras de vidéosurveillance a été revu pour tenir compte de la nouvelle disposition des champs de visibilité.

La conduite des travaux a été soigneusement planifiée pour éviter la période des courses de Noël. Une fois lancées, les excavations ont révélé la présence d'une épaisse dalle de béton, d'une canalisation d'eau potable à haute pression et de deux autres conduites d'eau ainsi que de caves de l'époque victorienne. Aucun de ces éléments ne figuraient sur les registres et bases de données diligentement consultées en amont du projet pour établir un état des lieux des conditions du sous-sol. L'emplacement où l'arbre devait être planté a donc été légèrement modifié, et un dialogue avec le concessionnaire des services de l'eau, Yorkshire Water, a permis de s'accorder sur les modalités d'intégration des autres conduites à la **zone d'enracinement**. Deux mois après la fin du chantier, une sécheresse printanière sans précédent a frappé l'Angleterre. L'arrosage assuré par l'entreprise sous contrat pour l'entretien (1000 l chaque semaine) a alors été complété à titre gracieux par les services de sécurité du centre commercial St John. Les 200 l d'eau supplémentaires ainsi fournis se sont révélés salvateurs pour le jeune arbre.

À gauche : Rendu de la vision de long terme pour Dortmund Square

A droite : Été 2014, deuxième saison de croissance du jeune arbre.

Images : Leeds City Council





Étude de cas n°6 L'intégration des arbres existants, clé de l'autorisation de construire et d'une commercialisation réussie au Angel Building

Lieu
Islington, Londres,
Angleterre

Type de projet
Commercial

L'Angel Building est un complexe de bureaux de plus de 23 000 m² réalisé en 2010 par le promoteur Derwent dans le quartier de Clerkenwell, au centre de Londres. Malgré une conjoncture économique défavorable, les deux tiers de l'immeuble ont été vendus sur plan, et le bâtiment s'est trouvé entièrement occupé peu après son ouverture. Pour Johanna Gibbons, paysagiste du projet, « *il ne fait aucun doute que la qualité de l'environnement obtenue grâce au bon maintien des arbres matures présents tout autour du bâtiment a été un facteur de différenciation essentiel pour cette opération* ».

Le plan de servitudes arboricoles dressé tout au début du projet s'est révélé l'un des principaux moteurs de la logique de conception retenue. Le bâtiment présente une façade incurvée sur St John Street de manière à ne pas empiéter sur les zones de protection racinaire des arbres protégés bordant la rue. La stratégie visait également à conserver et à tirer parti de groupes d'arbres – principalement composés de tilleuls (*Tilia spp.*) et de ptérocaryer du Caucase (*Pterocarya fraxinifolia*) placés aux quatre coins du site pour maintenir un microclimat facilitant la ventilation du bâtiment et les économies d'énergie. Le volet paysage du projet prévoyait aussi des plantations nouvelles.

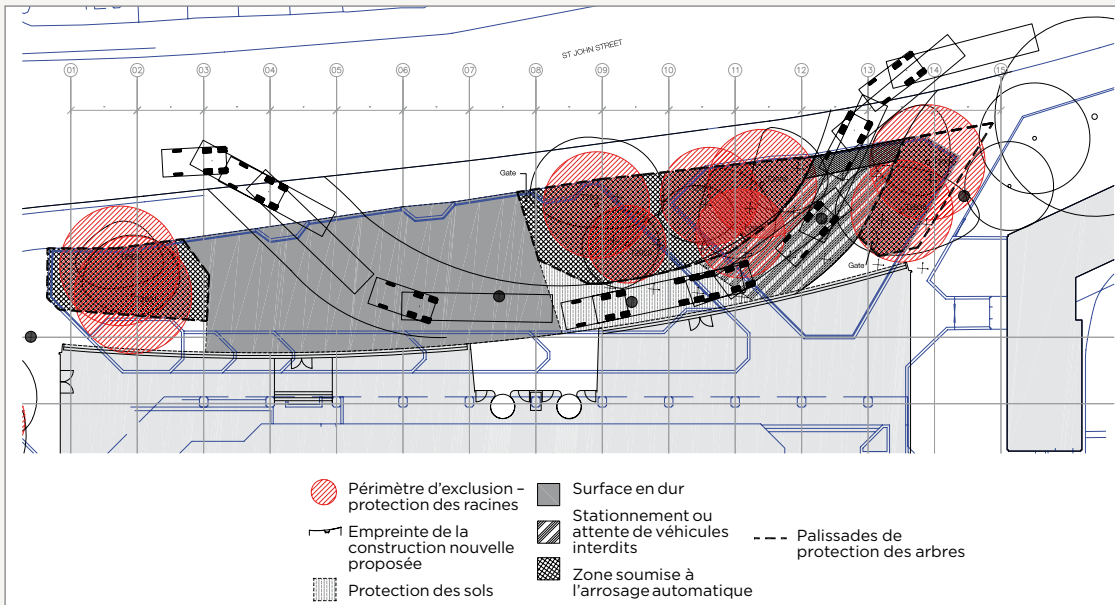
Les contraintes du site imposaient d'empiéter sur les zones de protection racinaires pour accéder au chantier et assurer les livraisons quotidiennes nécessaires. Pour absorber et répartir les charges liées aux aller-retour des camions et engins sans imperméabiliser les surfaces concernées, le plan et le protocole de protection arboricole conçus par JCA, le consultant en arboriculture travaillant auprès de la paysagiste du projet et approuvé par le Borough d'Islington, prévoyait l'emploi de matelas cellulaires (Geoweb) maintenus en place par des cadres de contreventement en bois. Une zone d'attente dédiée aux camions de livraison a également été démarquée et équipée de bacs récupérateurs d'huiles, pour éviter toute contamination des sols. La grue de 80 t nécessaire au chantier fut positionnée hors de la **zone de protection des racines** sur un radeau temporaire en béton contribuant également à éviter le compactage et les risques de pollution des sols. L'ensemble des arbres existants à conserver furent taillés en début de chantier pour limiter tout risque d'arrachage de branche par des engins et réduire leurs besoins en eau. Tout au long des deux années de chantier, ces arbres firent par ailleurs l'objet d'une irrigation sporadique, imitant le régime aléatoire de la pluie. Des filtres ont été utilisés afin de neutraliser l'impact de l'utilisation d'eau du robinet (riche en calcaire) sur le pH des sols. Lorsque la voie d'accès temporaire a pu être retirée, et avant la poursuite de tout aménagement, des vers de terre ont été employés pour aérer le sol et faciliter l'incorporation

d'apports en matière organique sans causer aucune perturbation aux racines des arbres.

Philip Wood, alors responsable de la gestion des arbres dans les opérations d'urbanisme pour le Borough d'Islington souligne combien « *le suivi, et le suivi de ce suivi* » ont été importants à la réussite du projet. Des tests de compactage du sol ont été menés avant le commencement, à mi-chemin et après l'achèvement des travaux et ont permis de vérifier l'efficacité des mesures de protection du sol mises en place. Comme l'explique Philip Wood : « *Ces tests ont montré qu'aucun changement significatif du taux de compactage des sols n'avait eu lieu là où le Borough avait autorisé des incursions dans la zone de protection racinaire. Toutefois, même si des détériorations avaient été détectées, ce suivi aurait permis de prendre des mesures correctives* ». En complément de ces tests, le Borough avait également exigé que les conditions du site fassent l'objet d'un rapport mensuel, photographies à l'appui. Les services du Borough avaient alloué le temps nécessaire pour l'examen de ces comptes-rendus, poser des questions lorsque des précisions s'avéraient nécessaires et faire des visites de sites. Ce niveau de suivi a non seulement induit un respect minutieux du plan de protection des arbres mais a également permis la résolution facile (et sans douleur pour les arbres) des problèmes se présentant inévitablement au jour le jour.

Les platanes communs (*Platanus x hispanica*) plantés face à l'entrée du bâtiment avaient été sélectionnés chez le pépiniériste très en amont du chantier. Pour éviter tout conflit avec les bus à double étage empruntant St John Street, les jeunes plants devaient présenter au moins 18 mois avant la plantation une hauteur sous couronne de cinq mètres. Le projet a également pris en compte les conseils du spécialiste de l'arbre quant au positionnement de la tranchée concentrant l'essentiel des réseaux servant le bâtiment, de manière à maximiser l'**espace d'enracinement** disponible pour les plantations nouvelles.





Plan de servitudes arboricoles établi pour la réalisation de l'Angel Building.



Le projet a permis de créer - un espace public à échelle humaine, entre arbres préservés et plantations nouvelles.



Outre la qualité des paysages et l'attractivité commerciale de l'opération, le maintien des arbres existants a permis l'obtention du permis de construire.

Images :
J & L Gibbons



Étude de cas n°7
Le programme « Green Streets »,
un outil au service du développement
économique de Wirral

Lieu
 Birkenhead,
 Angleterre

Type de projet
 Commercial et
 résidentiel

Au cours des 20 prochaines années, l'opération de renouvellement urbain Wirral Waters lancée par le promoteur-aménageur Peel Holdings sur les docks abandonnés de Birkenhead vise à livrer 390 000 m² de bureaux, des entrepôts de logistique, 13 000 nouveaux logements, des équipements de loisirs et des commerces. D'ici Avril 2015, en amont de l'opération, 1 200 arbres doivent être plantés le long de 10 km de rues et d'espaces verts existants autour du projet.

Cette intervention d'envergure participe du programme « Green Streets » de Wirral. Animé par The Mersey Forest (une association de développement participatif des espaces verts et de la forêt urbaine dans le bassin de Liverpool et du fleuve Mersey), ce programme entend verdifier les couloirs de déplacement entre quartiers résidentiels, zones d'emploi ou établissements d'enseignement et transports publics pour encourager la marche et l'usage du vélo. Ce faisant, ce sont à la fois des objectifs de santé publique et de développement économique qui sont poursuivis. Lors d'une enquête menée avant la réalisation des plantations, 25% des riverains ont déclaré estimer que le programme « Green Street » serait susceptible de les conduire à aller plus souvent en vélo au travail tandis que 15% estimaient que cet investissement aurait un impact favorable sur leur propension à marcher.

Pour Richard Mawdsley, directeur du développement chez Peel Holdings, il ne fait aucun doute que l'investissement réalisé dans les « infrastructures vertes » de Birkenhead est indispensable au succès de l'opération Wirral Waters : « Les occupants aujourd'hui veulent un cadre agréable. Il est

de plus en plus important de créer un cadre attractif, doté d'une identité claire - il faut créer une atmosphère de campus aux portes d'une grande ville. Les infrastructures vertes du quartier seront l'un des principaux axes du marketing de l'opération ».

Les financements rassemblés pour le projet « Green Streets » de Wirral couvrent non seulement les coûts de plantation, mais aussi la consultation et la démarche participative mises en œuvre auprès des résidents et entreprises locales, ainsi que l'apport de soins de confirmation et parachèvement sur cinq ans. A l'aide de techniques d'estimation économique s'attachant à l'impact des arbres sur les valeurs immobilières, le niveau d'activité physique des populations locales, la productivité du travail, et d'autres paramètres similaires, The Mersey Forest a estimé que le montant des retombées générées par les 400 arbres plantés sur la première année du programme pouvait s'élever à plus de 2 millions de livres sterling.

En haut : Avant et après le programme « Green Streets » à Birkenhead.

Image de gauche : McCoy Wynne. Image de Droite : The Mersey Forest

En bas à gauche: Des liquidambars ajoutent des notes de couleurs sur Beckwith Street à l'automne. Image : Griff Evans, Ombler Iwanowski Architects

En bas à droite : Hoylake Street, après « Green Streets ». Image : The Mersey Forest





Étude de cas n°8
Coordination réussie entre
aménagement paysagers et génie
civil pour le chantier de Bath Road

Lieu
Bristol,
Angleterre

Type de projet
Voirie

Pour la création d'un nouvel îlot central appelé à accueillir des ormes (*Ulmus* « *New Horizon* ») sur Bath Road, l'un des axes d'accès majeurs de Bristol, services de voirie et services des espaces verts ont décidé d'essayer une nouvelle manière de travailler ensemble et d'ordonnancer les travaux. Le partage des responsabilités demeurait inchangé : les entreprises de travaux en génie civil géraient la réfection de la voirie, dont la construction de l'îlot central et celle des fosses devant accueillir les ormes, tandis que le service des espaces verts était en charge des plantations. Si les deux équipes avaient travaillé suivant les procédures habituelles, le séquençage des travaux aurait été le suivant : (1) mise en place du détournement de trafic automobile (2) travaux de démolition et de préparation, (3) construction de l'îlot central avec fosses de plantation, (4) installation du nouveau revêtement de chaussée, et (5) passage de relais à l'équipe des espaces vert en disant « *voici vos fosses* ». Au lieu de cela, l'équipe des espaces verts s'est tenue prête à apporter la terre et à planter les arbres dès l'achèvement de l'îlot central, avant l'installation du revêtement de chaussée. Le houpplier des arbres est resté ligoté pour éviter tout risque de dommages aux

branches lors de la finition de la chaussée. Ce n'est qu'une fois ce travail achevé que les houppiers des arbres ont été déliés et taillés.

Les deux équipes ont gagné à cette approche plus intégrée du déroulement du chantier : le nouveau revêtement de Bath Road ne s'est pas trouvé endommagé ou sali par les engins utilisés pour apporter et manipuler terre et arbres ; les jeunes arbres n'ont pas été endommagés et ont pu être mis en terre plus vite ; les coûts de redirection du trafic automobile se sont révélés moins importants que prévus (car le chantier a duré moins longtemps). Autres retombées positives : pour les usagers, la circulation sur Bath Road a été perturbée moins longtemps tandis que pour la Ville de Bristol, le temps passé par les agents à satisfaire aux exigences de consultation et de communication avec les riverains a aussi été réduit.

Bath Road durant l'été 2012, juste après l'achèvement des travaux.

Images : Ville Design Group, Bristol City Council





Étude de cas n°9 Partenariat avec Waitrose pour intégrer des arbres à un parking existant

Lieu
Henley-on-Thames,
Angleterre

Type de projet
Commercial

Lorsque le temps est venu de remettre à neuf un parking public situé à côté et amplement utilisé par les clients d'un supermarché Waitrose, les responsables du magasin et les services du district de South Oxfordshire ont décidé de coopérer. Le besoin de procéder à ces travaux était le fruit à la fois d'une usure normale et de problèmes d'assainissement pluvial ainsi que de déformations des revêtements causées par les racines de platanes (*Plantanus x hispanica*) matures pré-datant la création du parking et intégrés au site. Lors de sa création, le parking avait par ailleurs été agrémenté de 14 arbres supplémentaires, principalement des sorbiers des oiseleurs (*Sorbus aucuparia*). Faute de conditions d'enracinement adéquates, à l'heure où une réfection du parking était envisagée la très grande majorité des sorbiers était manquants, morts ou mourants.

Ayant été informé par les services techniques que le revêtement du parking devait être refait, le responsable du service arbres du District a sollicité l'accord de Waitrose pour intégrer aux travaux un renouvellement des plantations défailtantes. Quelques années plus tôt, et en relation avec un autre projet qui ne s'était pas déroulé comme prévu, le District avait conservé une garantie financière déposée par Waitrose. Les deux parties ont donc convenu que la réfection du parking de Henley-on-Thames offrait une bonne occasion d'utiliser ces fonds.

Autour des platanes existants, le District a choisi d'appliquer de l'asphalte perméable. En remplacement des sorbiers, quatre nouveaux platanes devaient être plantés dans une armature modulaire portante (Sylva Cell) s'étendant sous le parking. La zone d'enracinement des jeunes arbres devait également être équipée d'un système d'irrigation et d'aération connecté à des grilles intégrées au revêtement de surface.

Malgré un nombre de plantations réduit, le choix d'une essence à grand gabarit dotée de bonnes conditions d'enracinement allait permettre de générer un impact esthétique et environnemental (ombre, etc.) plus important tout en augmentant le nombre de places de stationnement.

Il était envisagé qu'à l'occasion d'une première phase de travaux de réfection des revêtements sur une moitié du parking, deux des nouveaux platanes seraient alors installés ainsi que l'asphalte perméable prévu pour le pourtour des platanes matures. Pour cette phase, les travaux ont effectivement été réalisés comme projeté, permettant ainsi des économies d'échelle substantielles sur le coût des travaux liés aux arbres qui avaient pu être réalisés grâce à l'équipement se trouvant déjà sur le chantier.

En revanche, pour la deuxième phase, la collaboration entre services ayant assuré le succès précédent a manqué. Les travaux de réfection du système d'assainissement pluvial affectant la seconde moitié du parking ont été lancés sans que le service arbre n'en soit préalablement informé. Toute possibilité de tirer parti des arbres pour faciliter la gestion (jusqu'à là difficile) des eaux de ruissellement du site, ou plus simplement encore de partager les coûts associés à la mobilisation d'engins de construction et de main d'œuvre de chantier s'est ainsi trouvée irrémédiablement compromise. Chiffrée indépendamment, l'installation des deux arbres restant encore à planter s'est révélée deux fois plus coûteuse que si ces travaux avaient été associés au chantier de réfection du réseau d'assainissement pluvial. Or à ce prix-là, le budget disponible ne permettait pas de couvrir la réalisation des travaux.

Nouveaux platanes, deux ans après plantation.
Image : Steve Parker





Il y a quelques années, l'excavation de la Place Bellecour à Lyon a révélé un ensemble de trottoirs datant du milieu du XIX^e siècle étayé de structures portantes ménageant un **espace d'enracinement** non soumis au compactage et irrigué d'un réseau de canalisations en céramique à gravité, alimenté par les eaux de pluie.

A l'évidence, il y a un siècle et demi passé, les praticiens savaient marier infrastructures grises, bleues et vertes pour apporter des solutions intégrées aux enjeux des aménagements urbains – solutions que l'on redécouvre aujourd'hui et que l'on peine souvent à mettre en œuvre. Cette découverte a incité le service arbre et paysage de la Métropole du Grand Lyon à veiller plus étroitement à ce que la livraison de projets soit l'opportunité de consolider les savoirs existants et de stimuler l'innovation. Le « principe d'innovation » est donc l'un des huit grands engagements de la Charte de l'Arbre du Grand Lyon (voir l'étude de cas n°31 p. 151), un document de référence ayant été ratifié par 59 communes et près de 50 autres signataires des secteurs privés, publics et associatifs. Au nom de ce principe, la Métropole intègre aux grandes opérations d'aménagement un objectif de recherche et développement (R & D). Cette démarche d'amélioration continue par l'innovation se concentre plus particulièrement sur trois thèmes (le sol, l'eau et le climat) qui cristallisent les enjeux des prochaines décennies pour les questions d'**arboriculture** urbaine et de développement durable.

Le programme de R & D associé au réaménagement de la rue Garibaldi (voir l'étude de cas n°17, p. 78) explore tout particulièrement les questions de l'eau et du climat. Dans ce projet, d'anciennes trémies qui permettaient aux véhicules d'éviter les carrefours sont reconverties en réservoirs de stockage des eaux de

pluie. L'eau ainsi collectée est utilisée, entre autres, pour l'irrigation des plantations situées le long de la rue. Préservation et plantation d'arbres constituent l'un des axes forts du projet. Après trois saisons de croissance, les jeunes arbres ne seront plus irrigués que pendant les périodes de sécheresse intervenant durant la **saison de croissance**. L'objectif est non seulement d'assurer la survie de la végétation, mais aussi de maintenir sa capacité à rafraîchir la température ambiante grâce au phénomène d'évapotranspiration. L'une des stratégies des arbres en réponse à des conditions de stress hydrique est de limiter les pertes en eau dues à la transpiration en fermant les pores (appelés stomates) se trouvant sur leurs feuilles. Irriguer en temps de sécheresse encourage les arbres à garder leurs stomates ouverts et maintient ainsi leurs fonctions de respiration et de transpiration. Des capteurs installés à proximité des plantations nouvelles et des arbres préservés vont permettre de mesurer la fraîcheur générée par différents types de végétation à différents stades de maturité, sous différents régimes d'irrigation. Afin d'avoir des données de contrôle, des capteurs ont également été implantés dans la portion de la rue non encore réaménagée où les travaux doivent faire l'objet d'une phase ultérieure. Le coût des capteurs est couvert via le budget d'investissement associé au projet Garibaldi tandis que les sommes nécessaires à l'analyse et à l'interprétation des données sont couvertes par le budget de fonctionnement du service arbre et paysage et une subvention obtenue auprès d'un organisme national soutenant la recherche.

Première tranche du projet Garibaldi en
Septembre 2015, un peu moins d'un an après
la fin du chantier.

Voir p. 60 et 79 pour des images
complémentaires.

Images : Frédéric Ségur





Checklist

Tous les acteurs clés sont-ils impliqués dans la collaboration nécessaire au succès ?

Maître d'ouvrage,

avez-vous...

- Défini une politique claire en matière de protection et de gestion des arbres, et pris les dispositions nécessaires à sa bonne application ?
- Communiqué à l'équipe de conception l'importance que vous accordez à la dimension paysage, et tout particulièrement aux arbres, dans votre vision du projet ?
- Vérifié que l'avant-programme et le programme, la composition de l'équipe et le budget prévisionnel sont en mesure de permettre une réalisation efficace de cette vision ?
- Avant de valider le parti d'aménagement, vérifié qu'un consensus a bien été atteint parmi les membres l'équipe (et tout particulièrement le spécialiste de l'arbre, le concepteur et les ingénieurs) sur les solutions retenues pour l'intégration durable des arbres ?

Urbaniste,

avez-vous...

- Sollicité les conseils d'un spécialiste des arbres en ville et consulté les références pertinentes (telles que *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*) pour rédiger ou mettre à jour la politique de l'arbre de votre collectivité ou agence ?
- Communiqué lors des réunions préparatoires au dépôt d'une demande d'autorisation d'urbanisme les principes de protection, de plantation et de gestion des arbres applicables et toute prescription complémentaire spécifique au site ?
- Exigé la mise à disposition d'un plan de localisation des réseaux enterrés élaboré selon des méthodes d'investigation présentant une marge d'erreur adéquate pour vérifier la faisabilité du plan de plantation ?
- Veillé à l'application rigoureuse des prescriptions liés aux arbres ?

Chargé de projet,

avez-vous...

- Veillé à ce que la vision du maître d'ouvrage quant à la contribution des arbres aux objectifs du projet est bien rendue explicite, en employant si nécessaire des techniques d'évaluation et/ou de visualisation, lors de la consultation avec les élus et autres décideurs ainsi qu'avec le grand public ?
- Veillé à ce que l'accès aux services d'un ou des spécialistes adéquat(s) en matière d'arbre et, si besoin est de sols, a bien fait l'objet d'une commande ?
- Veillé à l'adoption d'une démarche partenariale pour assurer le financement des investissements dans le paysage, en explorant tous les types de financements possibles ?
- Pris les disposition budgétaires et/ou contractuelles nécessaires pour assurer que les **soins de parachèvement et de confortement** requis durant les cinq premières saisons de jeunes arbres nouvellement plantés sont pris en charge au titre de l'investissement initial ?
- Pris soin de solliciter le concepteur (en l'occurrence, le paysagiste) sur l'opportunité de procéder à un achat anticipé des arbres devant être plantés, en utilisant des spécifications rigoureuses et adaptées ?
- Veillé à ce que l'équipe dispose de l'accès à l'expertise nécessaire en matière d'arbre - ce qui impliquera peut-être, sur les grands projets, la création d'un poste temporaire dédié ?
- Prévu la collecte rigoureuse de données sur les réseaux enterrés, *i.e.* utilisant des repérages visuels et les données d'inventaires des gestionnaires lors de la rédaction du programme, puis la conduite d'investigations suffisamment détaillées pour la réalisation du chantier avant la production d'un plan détaillé ?



- Veillé à la consultation des autorités ou des gestionnaires concernés lorsque des servitudes sont susceptibles d'avoir un impact sur le volet paysage ?
- Invité le spécialiste de l'arbre à organiser un atelier ou une session d'information sur les aspects les plus délicats de l'intégration des arbres au projet (par exemple, sur la protection des arbres lors du chantier, ou sur la technique d'installation d'un système d'enracinement portant) ?
- Veillé qu'un plan de gestion et d'entretien du paysage fait bien partie de la commande ?

**Concepteur(s),
avez-vous...**

- Exprimé clairement dans le programme la pertinence globale et le rôle spécifique des arbres pour aider à atteindre les objectifs du projet ?
- Veillé à la qualité du dialogue avec les riverains du projet ?
- Consulté le responsable des arbres de la collectivité locale concernée afin de vous assurer que le projet est en accord avec les orientations stratégiques locales ?
- Veillé à ce que les arbres existants et les conditions du sol (nature des sols, présence de réseaux enterrés) soient diligemment évalués dans l'audit ou l'analyse du site ?
- Validé avec les autorités ou gestionnaires concernés l'emplacement des arbres à planter, le détail des spécifications retenues pour la **zone d'enracinement** et le programme de la **taille de formation** envisagé lorsque ces plantations empiètent sur les servitudes liées aux réseaux enterrés ou aériens ?
- Conçu l'espace souterrain dans son ensemble, en collaboration avec l'ingénieur de voirie et/ou l'ingénieur de génie civil ?
- Anticipé les mesures nécessaires à la protection des arbres durant le chantier (phasage du travail, soins ou tailles préventives, etc.) pour tout projet intégrant des arbres existants ?
- Sollicité de multiples perspectives sur les modalités d'intégration des arbres au projet, en prenant tout particulièrement en compte les problématiques de l'éclairage, la vidéosurveillance, l'accessibilité, la biodiversité, la récupération et utilisation des eaux de pluie, la santé des arbres et l'entretien ?
- Tiré parti des techniques d'évaluation et de visualisation disponibles pour communiquer les retombées des arbres figurant au projet ?
- Veillé à ce que les spécifications retenues pour la commande de jeunes arbres reflètent les exigences fonctionnelles, esthétiques et opérationnelles du projet ?
- Conseillé le maître d'ouvrage sur la possibilité d'achats anticipés des arbres à planter ?

**Responsable/spécialiste de l'arbre,
avez-vous...**

- Activement participé au développement de la politique de l'arbre de votre collectivité ou organisme ?
- Aidé le concepteur à décrire la pertinence des arbres pour atteindre les objectifs du projet ?
- Diligemment communiqué au concepteur les documents stratégiques et les référentiels locaux relatifs aux arbres à intégrer dans le programme et le cahier des charges du projet ?
- Veillé à ce qu'un inventaire des arbres existants et un plan de servitudes arboricoles conformes à la norme en vigueur (au Royaume-Uni : BS 5837:2012) soient réalisés et mis à disposition du concepteur dès l'achèvement du programme ?



- Convenu avec le concepteur d'un plan et d'un protocole de protection des arbres avant l'achèvement de la phase de conception ?
- Organisé un atelier avec les collègues ingénieurs de voirie ou de génie civil, sur les aspects les plus délicats de l'intégration des arbres au projet (la protection des arbres lors du chantier, la technique d'installation d'un système d'enracinement portant, etc.) ?
- Effectué le lien avec les pépiniéristes et informé le concepteur et le chargé de projet des stocks d'arbres disponibles, des temps de production et de livraison ainsi que de la période la plus favorable, compte tenu des essences choisies, pour procéder aux plantations ?
- Assuré qu'un spécialiste de l'arbre qualifié allait pouvoir être sur le chantier lors de la réalisation de projet d'envergure et/ou délicat en matière arboricole ?
- Pris des dispositions efficaces pour mener un suivi de la mise en place des mesures de protection et le respect des engagements contractuels relatifs aux arbres ?
- Gardé à l'esprit de réévaluer régulièrement les méthodes d'achat et contrats cadres employés ?

Ingénieur de voirie,

avez-vous...

- Veillé à ce que les budgets d'investissement et de fonctionnement couvrent l'essentiel des dépenses liées aux arbres d'alignement ?
- Pris connaissance et validé les objectifs du projet ?
- Veillé à ce que la méthodologie d'audit des espaces publics employée prenne en considération les arbres ?
- Intégré les recommandations de ce guide (section 3) et les conseils d'un spécialiste de l'arbre sur les critères (et tout particulièrement les conditions relatives à l'aménagement des zones d'enracinement) définissant les conditions de reprise par la commune de voirie privée intégrant des arbres ?
- Établi un mode de communication efficace sur le calendrier de travaux annuels et ses mises à jour, afin de garantir que toute opportunité d'intégrer de nouveaux arbres ou d'améliorer les conditions d'arbres existants puisse être planifiée en conséquence ?
- Communiqué au concepteur les contraintes de gabarit à prendre en compte ?

Ingénieur VRD/assainissement pluvial,

avez-vous...

- Travaillé avec le concepteur et le spécialiste de l'arbre sur l'approvisionnement en eau des arbres et l'intégration des arbres aux stratégies de **RUEP** lors de la réalisation du schéma de principe relatif au drainage ?
- Pris en compte la présence et le rôle des arbres dans les partis retenus au plan d'assainissement pluvial détaillé ?





Références



Document ou
ressource non
technique



Document
ou ressource
pour
professionnel



Document
ou ressource
de nature
académique



*British Standard 8545:2014. Trees: from
nursery to independence in the landscape.
Recommendations, Londres, British
Standards Institution.*



*British Standard 5837:2012. Trees in relation
to design, demolition and construction.
Recommendations. Londres, British
Standards Institution.*

Concevoir avec les arbres



	Faire de l'arbre un atout	46
2.1	Utiliser efficacement l'espace et conforter l'identité paysagère	48
2.1.1	Faire de la place aux arbres : une responsabilité partagée	48
2.1.2	Sélectionner un arbre adapté au contexte	48
2.1.3	Qualité et identité des lieux	49
2.1.4	Immédiateté et longévité	50
2.1.5	Saisonnalité	51
2.2	Des déplacements en sécurité pour tous	53
2.2.1	Les arbres sont-ils autorisés sur la chaussée ?	54
2.2.2	Sécurité routière en milieu urbain	54
2.2.3	Apaisement de la circulation	55
2.2.4	Encourager la marche et le vélo	55
2.3	Visibilité et lumière	57
2.3.1	Cônes de visibilité de voirie	57
2.3.2	Visibilité des vitrines et de la signalétique commerciale	57
2.3.3	Lumière, éclairage et vidéosurveillance	58
2.4	Gestion de l'eau urbaine	59
2.5	Sécurité, santé et confort des personnes et de la faune	61
2.5.1	Sécurité	61
2.5.2	Santé et bien-être en ville	62
2.5.3	Qualité de l'air	62
2.5.4	Réduction des températures et du vent	63
2.5.5	Nature en ville	64
2.6	Pieds d'arbre, nettoyage et viabilisation hivernale	65
2.6.1	Chute de feuilles et autres déchets	65
2.6.2	Pieds d'arbre et entretien	65
2.6.3	La viabilisation hivernale	70
	Études de cas	71
	Checklist	80
	Références	82



Concevoir avec les arbres

Faire de l'arbre un atout

« Il est préférable d'envisager la plantation ou la préservation d'un arbre comme un moyen aux vues d'une fin plutôt que comme une fin en soi » Principe 6, *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*

La liste des bienfaits apportés par les arbres aux villes est longue : qualité paysagère, attractivité économique, santé et bien-être des résidents, préservation des continuités écologiques, apaisement de la vitesse automobile, gestion de l'eau, réduction de la pollution de l'air et du bruit, modération des températures ambiantes... et plus encore.

Obtenir tout ou partie de ces avantages exige une démarche volontaire. Il faut à la fois établir les conditions nécessaires et résoudre les conflits potentiels.

Objectifs

Ce chapitre se concentre sur les objectifs susceptibles de motiver un projet et les stratégies qui permettent d'y répondre avec succès pour tout ce qui relève des aménagements de surface. Il vise à assurer que, au minimum :

- L'introduction et la préservation d'arbres contribuent de manière positive à l'identité de l'espace concerné ainsi qu'à la gestion des déplacements.
- L'introduction et la préservation d'arbres bénéficient au microclimat local ainsi qu'à la santé publique et à la faune.
- Les risques de conflit entre arbres et cônes de visibilité soient bien gérés.

Applicabilité

Le contenu de ce chapitre est tout particulièrement susceptible d'affecter les jalons suivants de la démarche de projet :

- Avant-projet.
- Projet détaillé (de surface).
- Schéma de principe du plan d'assainissement pluvial.
- Plan de gestion du paysage.

Bénéfices

Les bénéfices recherchés sont les suivants :

- Aménagements efficaces et attractifs.
- Satisfaction des riverains et des usagers.
- Adhésion des usagers et des riverains au projet.
- Résilience de la **forêt urbaine**.

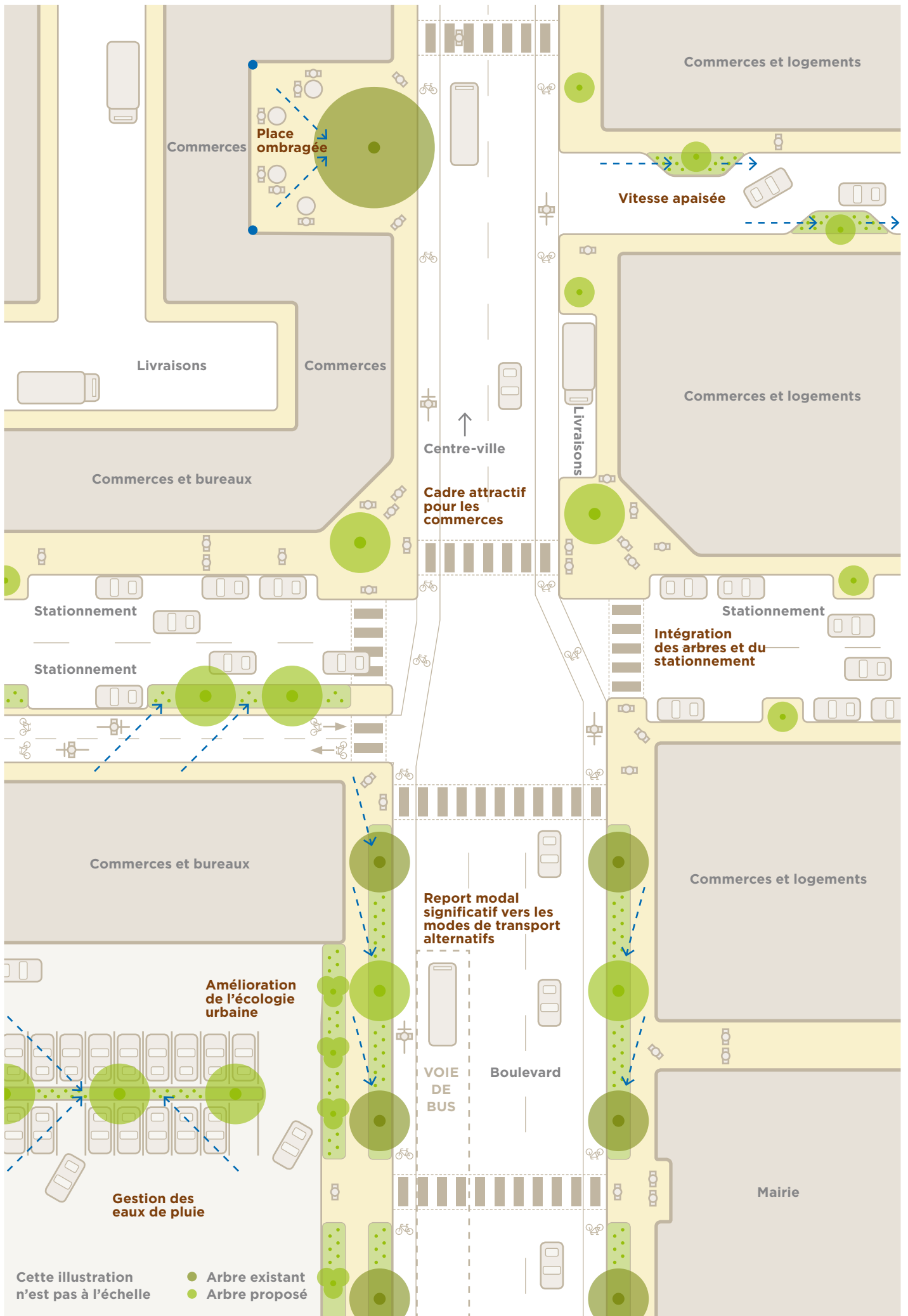
Concevoir avec des arbres pour de multiples avantages

Dans le schéma ci-contre, la requalification de la rue principale avec des arbres a entraîné une hausse notable de la fréquentation des commerces. La friche a fait l'objet d'une opération avec **RUPE**. Les accès au centre-ville ont été transformés au titre d'un programme « voirie pour tous ». Comment l'espace souterrain a-t-il été aménagé pour permettre ces transformations ? Voir le chapitre 3.

● Gouttière dirigeant les eaux de toiture vers la zone d'enracinement des arbres

→ Récupération des eaux de pluie pour infiltration dans la zone d'enracinement des arbres







2.1 Utiliser efficacement l'espace et conforter l'identité paysagère

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Examiner les possibilités de réaffectation des espaces publics dédiés à la voiture (chaussée surdimensionnée, zone de stationnement) à l'amélioration des conditions de croissance des arbres.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie - Spécialiste de l'arbre
Utiliser les arbres existants comme des atouts pour le projet.	- Concepteur(s)
Pour les plantations nouvelles, considérer plusieurs options de positionnement, d'espacement et de sélection d'essences.	- Concepteur(s)
Pour les plantations nouvelles, tirer parti de l'ensemble des stratégies disponibles pour obtenir plus ou moins rapidement l'effet recherché aux différentes saisons et assurer un bon équilibre d'âge.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Veiller à prendre en considération l'importance des arbres à grand développement pour assurer un impact durable et des bienfaits importants.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre - Ingénieur de voirie

2.1.1 Faire de la place aux arbres : une responsabilité partagée

Mettre en pratique le principe du « bon arbre au bon endroit » exige non seulement d'adapter le choix de l'arbre au contexte mais aussi de veiller à créer des espaces appropriés pour que les arbres puissent prospérer et offrir la gamme complète de leurs bienfaits sans causer de désagréments (voir le Principe 4, pp. 29-34 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*)¹⁹.

Lorsque les besoins à satisfaire dans un espace limité sont multiples, dans un souci de respecter l'idée d'y inclure des arbres, les concepteurs commettent parfois les erreurs suivantes :

- Adopter d'emblée une stratégie de remplacement des arbres en place, sans explorer les possibilités éventuelles de préservation de certains éléments de ce patrimoine. Lorsqu'ils sont plantés dans de bonnes conditions, la plupart des arbres ont une durée de vie plus longue que les infrastructures qui les entourent. Les espaces publics de centres-villes sont généralement rénovés tous les 15 à 20 ans tandis que les arbres à grand développement peuvent vivre de 100 à 150 ans dans ce contexte (voir 3.1.2). Remplacer les arbres au même rythme que les infrastructures environnantes maintient le paysage à un stade éternellement juvénile. Or ce n'est qu'à maturité que les arbres apportent le plus de bienfaits. La perte induite par l'abattage d'arbres matures ne peut être compensée par la plantation de jeunes sujets. En termes de gestion de patrimoine, ce type de situation s'apparente à celle d'un investisseur financier qui retirerait ses placements à la fin de la période minimum de dépôt, juste avant l'octroi des dividendes.
- Recourir à la plantation d'arbres en pots ou bacs qui n'offrent pas l'espace d'enracinement suffisant. Ces types de plantation entraînent des coûts d'entretien

et environnementaux importants sans générer en retour de bienfaits significatifs. Ce n'est qu'en dernier recours, de manière exceptionnelle et pour répondre à des objectifs bien identifiés que ce type d'approche peut être raisonnablement envisagé.

Trouver de meilleures solutions au problème récurrent du manque d'espace exige prévoyance et capacité à travailler en transversalité. En milieu urbain, la place accordée à l'automobile a un impact majeur. Comme le montrent les exemples du Grand Lyon en France et de la City à Londres (voir l'étude de cas n°11, p. 71), trouver de la place pour planter et/ou conserver les arbres signifie parfois devoir réduire l'espace attribué à la voiture. Tout en respectant les ambitions et les spécificités de chaque contexte, il est toujours possible à un concepteur :

- D'explorer la possibilité d'abandonner une ou deux places de stationnement pour planter quelques arbres.
- De vérifier que le dimensionnement de la voirie est réellement adapté à la vitesse souhaitée, une majorité des aménagements de chaussée hérités des années 70 et 80 étant surdimensionnés.

2.1.2 Sélectionner un arbre adapté au contexte

Il est impératif d'adapter le(s) choix d'essence(s) au contexte. Toute analyse de site ayant vocation à guider le choix des essences à planter doit d'abord s'attacher aux facteurs déterminant la survie d'un arbre. Il est aussi important de prêter attention aux facteurs contraignants susceptibles d'affecter la bonne cohabitation de l'arbre avec les infrastructures (par exemple, la présence de sols rétractables), et ce avant que toute considération esthétique ne soit abordée.

Le chapitre 4 de ce guide offre un cadre décisionnel pour la sélection des arbres à planter.



19
The Trees and Design Action Group (2012), *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*, TDAG, Londres, pp. 30-33



2.1.3 Qualité et identité des lieux

«*De toutes les aides naturelles à la qualité paysagère des villes, l'arbre est incontestablement la plus répandue (...). Car chaque arbre a non seulement des caractéristiques intrinsèques différentes, tel un port fastigié ou tombant, une forme géométrique ou ébouriffée, des teintes luisantes ou veloutées, mais chacune de ces qualités peuvent donner lieu à des combinaisons spectaculaires avec des bâtiments, comme un prolongement ou bien encore comme un contrepoids ou un voile*».

Gordon Cullen²⁰

20

Cullen, G. (1961),
The Concise Townscape,
The Architecture Press,
Oxford

Les arbres ont des qualités architecturales et contribuent aux compositions urbaines tout en appartenant au monde naturel. La plantation ou la préservation d'arbres peut transformer l'identité d'un lieu, en renforçant le sens de l'échelle, en cadrant les vues, ou encore en ajoutant de la couleur.

Tirer parti des arbres pour améliorer l'esthétique, l'identité ou la qualité globale d'un espace exige de prêter attention à différents critères :

- **Les dimensions du houppier une fois l'arbre adulte.** Sans compromettre le principe du « bon arbre au bon endroit », il est important de rechercher (et autant que possible de créer) les opportunités d'intégrer des arbres à grand développement. Ces arbres sont plus performants que leurs congénères de plus petite dimension tant en termes de bienfaits environnementaux que d'impact visuel sur le paysage. Densité et formes urbaines ont une incidence sur le champ des possibles : les banlieues présentent généralement plus d'opportunités à la plantation d'arbres de première grandeur. Dans les secteurs plus denses souvent associés aux centres villes, l'introduction d'arbres à grand développement demeure possible mais en nombre restreint. Savoir spécifier les caractéristiques de l'arbre choisi dès sa commande au pépiniériste (voir para. 4.5) permet d'assurer une meilleure compatibilité avec les bâtiments, les câbles aériens ou les véhicules à haut gabarit.
- **La disposition des plantations.** Les possibilités en cette matière sont infinies. Le choix final dépend des objectifs du projet et des caractéristiques du site.

Un arrangement linéaire offre souvent un complément adapté à un front urbain dense, tandis que la plantation d'arbres isolés ou en petits groupes est plus susceptible de convenir au centre d'un bourg ou à une placette. Là où les dimensions des espaces publics le permettent, des plantations en double rang peuvent être envisagées. Le caractère historique de certains contextes doit être pris en compte.

- **L'espacement.** En dehors des cas où les capacités de gestion et le budget nécessaires à l'emploi d'un style de plantation « forestier » (voir para. 2.1.4) existent, il convient de planter les arbres selon leur espacement final. Lorsque des problèmes de blocage de la lumière par des arbres plantés trop serrés se présentent, une coupe d'éclaircissement visant à réduire la densité des plantations est à envisager (voir l'exemple du quai de Saône p. 50).
- **La forme, la couleur, la texture et les variations saisonnières de l'arbre.** Ces éléments ont un poids important sur la valeur d'aménité de l'arbre. Toutefois, il est important de ne pas laisser les critères esthétiques outrepasser les facteurs à prendre en compte pour choisir le bon arbre pour le bon endroit (voir le chapitre 4).



Ci-dessus : À Lyon, le Cours de la Liberté en hiver (image du haut) et au printemps (image du bas).

Images : Anne Jaluzot (hiver) et Sophie Barthelet (printemps)



Ci-dessus : Réduire de moitié le nombre d'arbres améliore l'accès à la lumière pour les résidents du Quai de Saône à Lyon tout en conservant l'impact paysager de l'alignement d'arbres.

Images : Frédéric Ségur

2.1.4

Immédiateté et longévité

Obtenir un effet dès la livraison constitue souvent une aspiration sur les projets d'espaces publics à haute visibilité ou certaines opérations privées. Apporter une réponse à cette préoccupation légitime conduit généralement à :

- Planter serré, pour compenser la petite taille des jeunes arbres. Cette stratégie imitant en ville les régimes forestiers peut offrir certains avantages : les arbres se trouvent en situation de concurrence et sont de ce fait susceptibles de prendre de la hauteur plus rapidement, tout en se protégeant les uns des autres pendant les premières années où ils sont vulnérables. Une coupe d'éclaircissement éliminant les sujets les plus faibles est ensuite indispensable. En milieu urbain, ce type d'approche peut



21

British standard 3936 – part 1:1992, Nursery stock. Specification for trees and shrubs, British Standards Institution, Londres

Norme de taille des arbres disponibles en pépinières. Source : BS 3936:1992 ²¹		Hauteur approximative à la plantation. Source : pépiniériste Barcham Trees
Classification en vigueur au Royaume-Uni et équivalent en France	Force (circonférence à 1 m du sol)	
Light Standard (LS) / Jeune tige	6-8cm	
Standard (S) / Jeune tige	8-10cm	2,1-2,7m
Select Standard (SS) / Jeune tige	10-12cm	2,7-3,3m
Heavy Standard (HS) / Jeune tige	12-14cm	3,3m-4,0m
Extra Heavy Standard (EHS) / Jeune tige	14-16cm	4,0m-4,6m
Advanced Heavy Standard (AHS) / Jeune tige	16-18cm	4,6m-5,2m
Semi-mature / Gros sujet	18-20+ cm	5,2m-5,8m



s'avérer adapté pour les aménagements paysagers de bas-côtés enherbés le long d'une voie ou pour les massifs agrémentant de grands espaces publics, tel que cela a été fait à Londres sur le parvis du musée Tate Modern. En l'absence de coupe d'éclaircissement, ce type de plantation est susceptible de générer des arbres malingres, des coûts d'entretien importants et des nuisances pour les riverains (comme illustré p. 50 avec l'exemple des quais de Saône, à Lyon). En dehors des circonstances évoquées ci-dessus, cette approche n'est que rarement appropriée aux plantations urbaines où la compétition pour l'espace est féroce, les investissements nécessaires pour créer des espaces d'enracinement adéquats élevés, et où l'abattage de jeunes arbres est lourd à mettre en œuvre et/ou difficilement accepté par le grand public.

- Ne planter que des gros sujets. Les gros sujets (voir le tableau p. 50 décrivant la taille des arbres disponibles en pépinière) sont plus fragiles et s'adaptent moins facilement que leurs cadets. Bien des sites ne présentent pas les dimensions nécessaires à la création d'un **trou de plantation** susceptible d'accueillir la large motte d'un gros sujet. Assurer la bonne reprise d'un gros sujet exige par ailleurs d'avoir recours à un stock de grande qualité auprès d'un pépiniériste expérimenté dans le conditionnement requis pour ce type de produit. Il convient de veiller à obtenir un ou des sujet(s) n'ayant pas fait l'objet d'un nombre trop élevé de transplantations (ce détail est à spécifier dans le cahier des charges), de planter au début de l'hiver et de prévoir d'excellents **soins de parachèvement et de confortement**. Travailler avec de gros sujets exige un niveau d'expertise plus avancé, et un budget bien plus conséquent qu'utiliser des arbres de jeune tige.

Pour obtenir un impact visuel important dès les premières saisons de croissance, envisager :

- **D'investir dans la création de bonnes conditions d'enracinement** pour favoriser une reprise et une croissance rapides. Le taux de croissance observé chez des jeunes arbres dotés d'un **espace d'enracinement** non soumis au compactage et bien ventilé peut gommer en quelques années la différence de calibre à la plantation (voir l'étude de cas n°20 p. 126).
- **D'utiliser des arbres en cépée** (si le contexte et les objectifs du projet s'y prêtent). Utilisés en combinaison avec des arbres de jeune tige, les arbres en cépée sont susceptibles de créer un volume le temps que les arbres de jeune tige prennent de l'ampleur.
- **De planter une combinaison d'espèces présentant des taux de croissance différents**, comme illustré ci-dessous dans le traitement paysager de l'une des voies desservant le quartier réalisé dans l'ancienne base militaire de Sathonay, près de Lyon. Dans cet exemple alliant chênes (*Quercus frainetto*), aulnes (*Alnus glutinosa*) et saules (*Salix alba*), les saules à croissance rapide seront enlevés d'ici 20 à 25 ans tandis que les aulnes resteront en place 40 à 60 ans. À ce stade, les chênes auront atteint l'âge adulte et seront en mesure de compenser par leur ampleur la perte de leurs compagnons.

2.1.5

Saisonnalité

Qu'ils soient à feuilles caduques ou persistantes, les arbres ont une valeur ornementale toute l'année. Les arbres à feuilles caduques offrent des variations saisonnières qui participent de leur attrait, même lorsqu'ils se dénudent pour dévoiler l'architecture de leurs branches.



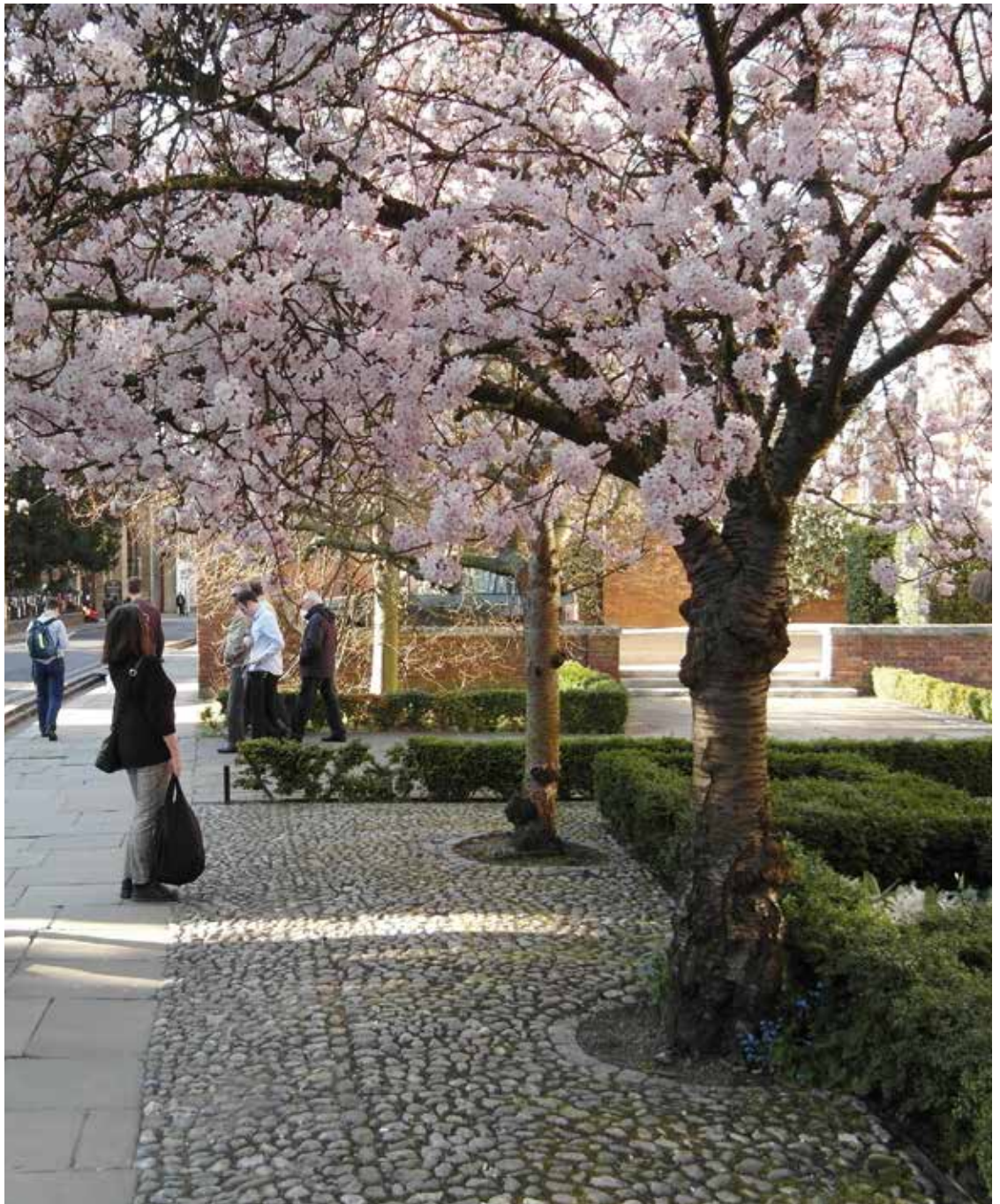
Vues d'été et d'hiver d'une allée de Sathonay bordée de trois essences.
Images : Anne Jaluzot (hiver) et Frédéric Ségur (été)



La diversification des essences permet non seulement de former une barrière préventive aux maladies et aux parasites mais aussi d'enrichir le paysage créé par les arbres tout au long de l'année. Pour tirer parti de cette richesse, envisager :

- *D'incorporer des arbres à fleurs et/ou aux couleurs d'automne frappantes*, en mélangeant les espèces pour étaler la durée de ces changements saisonniers ou au contraire assurer leur concomitance.
- *De mélanger les espèces qui perdent leurs feuilles tôt ou tard dans la saison*. Comme le montre la photo prise à la mi-janvier dans le nouveau quartier créé sur le site de la base militaire de Sathonay, les chênes (*Quercus spp.*) portent encore leurs feuilles sèches, et ce faisant, confèrent à ce paysage juvénile une texture dont il serait sans cela dénué.

- *D'intégrer des conifères et des essences à feuilles persistantes*. Lorsque le contexte permet leur intégration, ces essences offrent une valeur ajoutée ornementale indéniable. Le placement de ce type d'arbres requiert de l'attention, car ils fournissent de l'ombre tout au long de l'année.



Célébrer les saisons à Cambridge avec une variété d'arbres.
Image : Michael Murray



2.2 Des déplacements en sécurité pour tous

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Positionner les nouveaux arbres d'alignement en dehors du volume enveloppe maximal (VEM) des véhicules en mouvement, en prenant soin de spécifier une hauteur sous couronne et/ou un programme de taille de formation adapté(e)s.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie - Spécialiste de l'arbre
Chercher à conserver les arbres existants, en faisant preuve de souplesse quant à la géométrie de la chaussée et des trottoirs.	- Concepteur(s)
Utiliser les arbres pour apaiser la vitesse automobile en soulignant la présence d'un carrefour ou d'un passage piéton, en réduisant la largeur effective ou perçue de la chaussée, etc.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie
Utiliser les arbres pour adapter la ville au vélo - améliorant l'attrait et la sécurité des trajets, facilitant la démarcation des pistes et bandes cyclables et le stationnement.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie
Utiliser les arbres pour adapter la ville aux piétons - pour renforcer les îlots centraux voués à faciliter les traversées, pour créer des trottoirs et cheminements attrayants.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie

«D'après *Manual for Streets*, là où la voiture régnait en maître, le piéton a dorénavant la priorité».

Civilised Streets, CABE Space Briefing, 2008, Londres : Commission for Architecture and the Built Environment

conduit souvent à introduire des mesures destinées à apaiser la vitesse et/ou à réduire le volume de voitures. L'adaptation de la voirie aux besoins des piétons et des cyclistes fait également l'objet d'investissements croissants. Les arbres d'alignement sont susceptibles de faciliter la mise en œuvre et d'améliorer l'efficacité de l'ensemble de ces mesures.



22
Department for Transport (2007), *Manual for Streets*, Department for Transport, Londres.
www.gov.uk/government/publications/manual-for-streets

23
Department for Transport (2010), *Manual for Streets 2 - wider application of the principles*, CIHT, Londres, p. 5.
www.gov.uk/government/publications/manual-for-streets-2

24
The Scottish Government (2010), *Designing Streets. A Policy Statement for Scotland*, The Scottish Government, Édimbourg.
www.scotland.gov.uk/Publications/2010/03/22120652/0

Qu'il s'agisse de *Manuel pour Streets* (MFS)²² et de *Manual for Streets 2* (MFS2)²³ en Angleterre et au Pays de Galles ou de *Designing Streets*²⁴ en Écosse, les référentiels de conception des voiries urbaines parrainés par le gouvernement au Royaume-Uni soulignent désormais tous que :

- Les rues sont tout autant et parfois plus des espaces publics que des infrastructures destinées à faciliter les déplacements.
- La conception des rues doit répondre aux besoins de tous les usagers, plutôt que de systématiquement privilégier l'efficacité des trajets automobiles.

Rééquilibrer les aménagements de voirie pour prendre en compte ces principes simples



Ci-dessus : Rue de La Part-Dieu à Lyon, les arbres ont été plantés en milieu de chaussée pour accompagner le développement des modes doux. Images : Frédéric Ségur (à gauche), Sophie Barthelet (à droite)





25

Pour consulter les dernières mises à jour des textes de loi en vigueur au Royaume-Uni, voir : www.legislation.gov.uk

26

Un résumé des travaux de recherches sur l'impact des arbres sur la sécurité routière est disponible sur le site Internet Green Cities: Good Health géré par l'Université de Washington voir : http://depts.washington.edu/hhwb/Thm_SafeStreets.html

27

Department for Transport (2013), *Road Accidents and Safety Statistics, Table RAS10010*, Department for Transport, Londres. www.gov.uk/government/statistical-data-sets/ras10-reported-road-accidents

28

Disposer d'une hauteur sous couronne de cinq mètres dès la livraison d'un projet implique de planter des gros sujets, ce qui engendre contraintes et coûts supplémentaires (voir 2.5.1)

29

Mok, J.-H., Landphair, H.C. et Nadari J.R. (2006), « Landscape Improvement Impacts on Roadside Safety in Texas », *Landscape and Urban Planning* 78:263-274. <http://d2dtl5nnlpr0r.cloudfront.net/swutc.tamu.edu/publications/papers/167425TP2.pdf>

30

Naderi, J.R. (2003), « Landscape Design in the Clear Zone: Effect of Landscape Variables on Pedestrian Health and Driver Safety », *Transportation Research Record* 1851:119-130

2.2.1

Les arbres sont-ils autorisés sur la chaussée ?

Les arguments plaçant pour l'intégration des arbres dans les aménagements de voirie sont indéniablement convaincants, mais qu'en disent les textes réglementaires ? En Angleterre et au Pays de Galles, les para. 64 et 96 du *Highways Act 1980* (HA1980, « Loi sur la voirie ») confèrent aux collectivités locales en charge de la voirie le pouvoir de planter et d'entretenir des arbres sur la chaussée. En Ecosse, le *Roads Scotland Act 1984* (RSA1984, « Loi sur les routes ») prévoit des dispositions similaires. Dans les deux cas, ces mêmes collectivités ont également la possibilité d'autoriser le ou les propriétaire(s) du ou des terrain(s) adjacent(s) à planter ou à entretenir des arbres sur la chaussée (para. 142 du HA1980 et 51 du RSA1984). Ce n'est qu'en possession d'une telle autorisation qu'un propriétaire peut intervenir sur la voirie pour planter ou entretenir un arbre²⁵.

2.2.2

Sécurité routière en milieu urbain

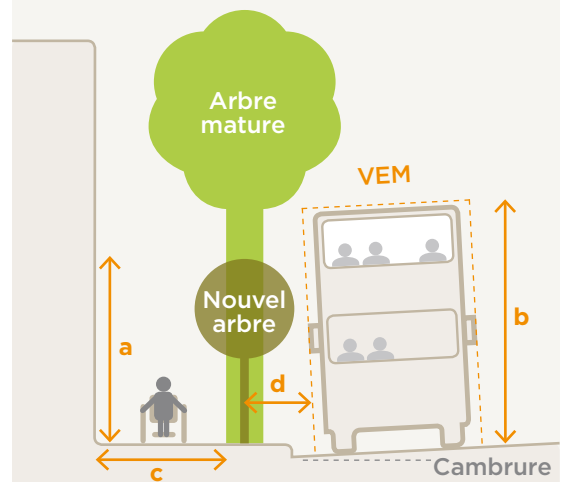
L'introduction ou le maintien d'arbres sur un îlot central ou en bordure de rue génère parfois des inquiétudes en matière de sécurité routière. Les analyses de statistiques d'accidents conduites aux États-Unis révèlent une différence notable entre milieux urbains et ruraux. En milieu urbain, la présence d'arbres n'est pas associée à une augmentation de la probabilité d'une « collision par sortie de route » (un type d'accident n'impliquant qu'un seul véhicule qui quitte la chaussée, tel que lorsqu'un véhicule heurte un lampadaire dans un virage où il s'est engagé trop vite)²⁶.

Les statistiques d'accidents pour l'Angleterre et le Pays de Galles montrent qu'en 2012, parmi les 435 décès liés à ce type de collision, 302 sont intervenus sans qu'aucun obstacle fixe ne rentre en compte (comptabilisés dans la catégorie « Aucun » dans le tableau ci-dessous). C'est que le véhicule a heurté un piéton, un cycliste, ou un véhicule stationné. Parmi les 133 décès associés à une sortie de route et collision avec un objet fixe, un arbre est impliqué dans 20% des cas, et un lampadaire dans 17% des cas²⁷.

Collisions par sortie de route - n'impliquant qu'un véhicule (année 2012)	Nombre de décès	Nombre de blessés graves	Nombre de blessés légers	Total
Objet percuté				
Aucun	302	5906	21550	27758
Panneau de signalisation ou feu tricolore	9	76	437	522
Lampadaire	23	152	640	815
Poteau (électricité, téléphone)	7	44	172	223
Arbre	27	169	486	682
Abri ou arrêt de bus	2	25	58	85
Rambarde de sécurité	6	35	262	303
Submersion	6	1	3	10
Fossé	0	26	143	169
Mur ou barrière	4	28	86	118
Autre objet fixe	49	358	1432	1839
Total	435	6820	25269	32524



Critères de dégagement pour le positionnement des arbres d'alignement



Cette illustration n'est pas à l'échelle

- a. Dégagement des trottoirs (2,5 à 3 m)
- b. Dégagement de la chaussée permettant d'accueillir des véhicules à grand gabarit (4,5 m)
- c. Dégagement horizontal des trottoirs veillant à permettre le passage d'un fauteuil roulant ou d'une poussette
- d. Dégagement horizontal depuis la bordure des trottoirs prenant en compte le VEM des véhicules en mouvement (par exemple 0,6 m)

Le para. 2.4.1 traite des principes à prendre en compte pour empêcher toute obstruction nuisible des cônes de visibilité. Pour éviter que les arbres ne créent un risque d'obstruction physique à la circulation, c'est la distance entre la bordure du trottoir et le tronc de l'arbre qui est la plus critique. Le dégagement à assurer dépend du type de trafic. Il convient de calculer le **volume enveloppe maximal (VEM)** des plus grands véhicules amenés à utiliser cet axe compte tenu de leur hauteur et largeur totales (rétroviseurs compris), de la cambrure de la chaussée et des débattements possibles liés à la vitesse. Comme le montre le schéma ci-contre, les plantations nouvelles sont à placer en dehors du VEM. Il est également important de spécifier la hauteur sous couronne des jeunes plants²⁸ ainsi que le programme de

31

Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, *Designing Sidewalks and Trails for Access*, Federal Highway Administration, Washington DC, Part II, Chap. 9, p. 7.
http://www.fhwa.dot.gov/environment/bicycle_pedestrian/publications/sidewalk2/pdf/10chapter9.pdf

32

Disponible à :
<http://www.ciht.org.uk/en/knowledge/standards-advice/traffic-calming-guidelines-devon-county-council.cfm>

33

Foltête, J.C. and Piombini, A. (2007), « Urban layout, landscape features and pedestrian usage », *Landscape and Urban Planning* 81, 225-234

34

Forsyth, A. et autres (2008), « Design and Destinations: Factors Influencing Walking and Total Physical Activity », *Urban Studies* 45(9), 1973-1996

35

Larsen, K. et autres (2008), « The Influence of the Physical Environment and Sociodemographic Characteristics on Children's Mode of Travel to and from School », *American Journal of Public Health* 99(3), 520-526

36

Lee, C. (2007), « Environment and active living: The roles of health risk and economic factors », *American Journal of Health Promotion* 21(4), 293-304

37

Sustrans (2009), *Connect2 and Greenway Design Guidance*, Sustrans, Bristol, Appendix D: Street trees.
<http://www.sustrans.org.uk/our-services/infrastructure/route-design-resources/documents-and-drawings/key-reference-documents-0>

taille de formation éventuellement requis pour éviter tout empiètement sur le VEM.

Dans les rues très ombragées ou exposées au vent, un dégagement plus important est parfois nécessaire car les arbres peuvent pousser inclinés vers la chaussée à la recherche de lumière ou sous l'effet de vents dominants forts.

Dans les parkings, les arbres sont à positionner de manière à ne pas se trouver accidentellement endommagés lors des manœuvres des véhicules.

Lorsque ces paramètres de positionnement sont respectés, une bonne intégration des arbres à la voirie est susceptible d'améliorer sensiblement la sécurité routière, en créant un environnement où les usagers sont plus attentifs aux dangers potentiels. Une étude a montré que l'aménagement paysager d'une voie avait conduit à une réduction de 46% du nombre d'accidents²⁹. Un autre étude a révélé que la présence d'arbres et autres éléments paysagers le long des voies principales urbaines était associée à une réduction de 5 à 20% du nombre d'accidents intervenant hors intersections³⁰.

2.2.3

Apaisement de la circulation

Les arbres peuvent aider les conducteurs à mieux percevoir la géométrie de la chaussée, et les changements exigeant un ralentissement (virage, croisement, passage piéton). Les arbres d'alignement créent également un « effet de parallaxe » qui aide les automobilistes à mieux évaluer leur vitesse.

Le recours aux végétaux, et notamment aux arbres, constitue l'une des trois méthodes mises en avant par le département fédéral des transports américain dans son guide sur la conception de la voirie³¹. Le guide observe que « les arbres, lorsque plantés de part et d'autre de la voie, créent pour les conducteurs un sentiment d'enfermement qui décourage l'excès de vitesse ». Le référentiel pionnier réalisé par Tim Pharoah en 1991 pour le Devon County Council sur l'apaisement de la circulation³² adopte une position similaire.

Tim Pharoah souligne par ailleurs que, comme avantage supplémentaire, « le recours aux végétaux suscite souvent un plus grand sentiment de fierté parmi les riverains envers les aménagements réalisés et l'espace public dans son ensemble ». Ce type d'approche est tout particulièrement pertinent pour les politiques actuelles de mise en zone 30 de quartiers ou communes entières.

En Écosse, les recommandations du gouvernement sont également explicites : « Tant que les dégagements appropriés sont maintenus pour les conducteurs, la végétation peut être utilisée pour réduire un champ de vision vers l'avant excessif et limiter ainsi la vitesse de circulation ». (*Designing Streets*, p.49)

En fonction du contexte, ces principes peuvent par exemple se traduire par :

- L'introduction d'arbres isolés aux coins d'une intersection (en ménageant les dégagements suffisants pour maintenir les lignes de vue adéquates – voir para. 2.4.1) ou encore d'un petit groupe d'arbres sur un rond point pour souligner la présence du croisement. Pour un exemple, voir l'usage de métaséquoias (*Metasequoia glyptostroboides*) dans la reconfiguration de l'intersection de Pittsfield Street présenté p. 43 dans *Trees in the Townscape: A Guide for Delivery*.
- Le recours à des alignements d'arbres plantés au centre et/ou dans des chicanes pour réduire la largeur physique et optique de la voie. Voir l'étude de cas n°13 p. 73.

2.2.4

Encourager la marche et le vélo

La présence d'arbres dans le paysage urbain a un impact positif sur le niveau d'activité physique, et notamment sur la propension des riverains à marcher et à faire du vélo (Foltête et al. 2007³³; Forsyth et al., 2008³⁴; Larsen et al., 2009³⁵; Lee, 2007³⁶).

Dans *Connect2 and Greenway Design Guidance*, l'association de promotion et de développement des modes doux en Grande-Bretagne Sustrans souligne que « les alignements d'arbres créent un tampon entre la chaussée et les trottoirs, et contribuent à guider les usagers tout en assurant des conditions plus agréables pour la pratique de la marche et du vélo ». ³⁷

En complément de l'excellent travail du Borough de Hackney à Londres illustré dans les études de cas n°15, p. 75 et n°16, p. 76, le recours aux arbres pour augmenter la part des modes doux est également bien illustré par le programme « Green Streets » de Wirral dans le nord de l'Angleterre (voir l'étude de cas n°7, p. 36), et le réaménagement de Cheapside à Londres (voir l'étude de cas n°30, p. 150).

Toutefois, s'ils sont mal positionnés, mal plantés ou si les essences choisies sont inadaptées, les arbres sont susceptibles de nuire au confort voire à la sécurité des piétons et cyclistes.

Il convient donc de veiller à choisir des types d'implantations capables d'encourager la mobilité active, tel que par exemple :

- Sur les îlots centraux accompagnant un passage piéton, de manière à renforcer le confort de la traversée.
- Entre le trafic automobile et les bandes ou pistes cyclables, côté circulation le long des trottoirs (en ménageant les dégagements nécessaires pour l'ouverture des portières des véhicules stationnés) ou encore dans la bande de stationnement (voir l'exemple de la rue de La Part-Dieu p. 53)

Pour éviter tout risque de déformation et d'endommagement des surfaces par les





racines, les jeunes plants doivent être dotés d'un **espace d'enracinement** adéquat (voir para. 3.3.1). Les solutions disponibles pour gérer les situations où de telles déformations sont créées par des arbres déjà en place sont présentées au paragraphe 3.3.3.

Les choix d'essence, de spécifications et de soins culturels jouent aussi un rôle important pour créer un environnement favorable aux modes doux. Les essences et les cultivars enclins à développer des rejets à la base du tronc sont à éviter là où ils sont susceptibles de faire obstacle à la circulation piétonne et aux cônes de visibilité des conducteurs. Veiller à bien spécifier une hauteur sous couronne appropriée lors de la commande du jeune arbre et à assurer un programme de **taille de formation** accompagnant les premières années de croissance sont deux dispositions essentielles pour éviter les risques d'obstruction par des branches en surplomb (voir para. 1.4.1).

Combiner la prise en compte des exigences d'accessibilité de la voirie et l'intégration des arbres est parfois source de préoccupations. Assurer des cheminements adaptés aux besoins des personnes à mobilité réduite ou malvoyantes bénéficie en réalité à tous³⁸. Les choix relatifs aux pieds d'arbre sont détaillés au para. 2.6.2 tandis que la question des

dégagements est traitée au para. 2.2.2. Sur ce point, il est important de distinguer les aménagements nouveaux, où les dimensions requises pour ménager accessibilité et intégration des arbres peuvent être mises en place dès le départ, des situations où l'on reconfigure un espace public existant. Dans ce second cas, là où l'espace est contraint, il est important d'assurer qu'au moins l'un des deux trottoirs d'une rue donnée offre les dégagements appropriés.

La présence de points de références le long des cheminements participe à l'aide à l'orientation des personnes malvoyantes. Outre les indices tels qu'un changement de texture ou de surface annonçant les changements de direction, de niveau et les intersections, ceux qui sont familiers des lieux sont également susceptibles d'utiliser le bruit, l'odeur ou le toucher pour se situer. Les personnes dotées de vue résiduelle ont plus de facilité à percevoir les indices et points de référence potentiels s'ils sont riches en contrastes. Les arbres sont des outils intéressants pour penser ce type d'aménagement attentif aux stimulations sensorielles : ils dégagent parfois une odeur, émettent souvent des sons (le bruissement des feuilles) et offrent par leur silhouette dans la lumière du jour ou celle d'un réverbère des contrastes importants.



38 Department for Transport (2005), *Inclusive Mobility*, Department for Transport, Londres. www.gov.uk/government/publications/inclusive-mobility



Grâce à une collaboration étroite entre ingénieurs VRD et spécialistes du paysage et de l'arbre, le nouveau quartier Confluence, à Lyon, repose intégralement sur les techniques de gestion alternatives des eaux de pluie. Les arbres y jouent un rôle primordial.
Image : Vanessa Allen



2.3 Visibilité et lumière

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Gérer en fonction du contexte les obstructions mineures éventuelles liées aux arbres présents à une intersection.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie
Tirer parti des arbres pour mettre en valeur les rues et autres espaces commerçants.	- Concepteur(s)
Impliquer les commerçants pour choisir le positionnement des nouveaux arbres, en utilisant la visite d'un site témoin pour ancrer la discussion dans le concret.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Intégrer la conception du plan de plantation à celle de l'éclairage et du système de vidéosurveillance - en gardant à l'esprit que parmi ces trois infrastructures, ce sont les arbres qui durent le plus longtemps.	- Concepteur(s) - Ingénieur en éclairage - Agent de sécurité en charge de la vidéosurveillance - Spécialiste de l'arbre

2.3.1 Cônes de visibilité de voirie

Assurer une bonne visibilité à l'ensemble des usagers de la voirie est essentiel à leur sécurité. Toutefois, en milieu urbain, il a été observé que, pour les conducteurs, une augmentation de la visibilité vers l'avant au-delà des distances minimales nécessaires à l'arrêt des véhicules compte tenu de la limitation de vitesse en vigueur conduisait au contraire à diminuer la sécurité. De même que la largeur de la voie, la visibilité vers l'avant est à calibrer en fonction de la vitesse attendue des véhicules.

En Angleterre, le paragraphe 10.7.2 du *Manual for Streets 2* recommande une gestion au cas par cas et à l'aune du contexte, des « obstructions occasionnelles » aux cônes de visibilité applicables aux intersections : « *l'impact d'obstacles limités, tel qu'un lampadaire ou le tronc d'un arbre, doit être rapporté à l'intégralité de l'enveloppe de visibilité. En règle générale, les obstacles n'étant pas de largeur suffisante pour cacher dans son intégralité un véhicule ou un piéton (y compris un enfant ou une personne en fauteuil roulant) n'ont pas d'impact significatif* ». En Ecosse, *Designing Streets* contient des recommandations similaires³⁹.

En conséquence, il n'est pas rare en Grande Bretagne que les services de voirie tolèrent les obstructions verticales occasionnelles générées par les arbres présents dans les cônes de visibilité applicables aux intersections tant que :

- Combinés, les différents éléments de végétation ne créent pas une barrière visuelle solide⁴⁰,
- Le maintien des plantations permet soit la conservation d'un bel arbre adulte, soit le prolongement d'une avenue, et que le ou les arbre(s) concernés ont un tronc dégagé et une hauteur sous couronne d'au moins quatre mètres⁴¹.

2.3.2 Visibilité des vitrines et de la signalétique commerciale

Des études réalisées aux États-Unis⁴² ont montré que la présence d'arbres dans les quartiers commerçants avait une influence positive sur les perceptions et les comportements des visiteurs - en termes de durée de visite et de consentement à payer.

Néanmoins, il arrive parfois que les commerçants craignent que les arbres ne cachent leur devanture ou leurs enseignes. Pour éviter ces nuisances, il est possible de :

- Planter à la densité finale.
- Choisir des essences au **houppier** peu dense.
- Assurer un dégagement suffisant des arbres envers les façades des bâtiments. Planter les arbres dans la bande de stationnement crée un effet d'encadrement flatteur pour les devantures situées à l'arrière-plan.
- Envisager des plantations d'arbres isolés de manière à accentuer des endroits clés - tels que l'entrée d'une galerie commerciale, l'emplacement de bancs ou d'un passage piéton, etc.
- Dans les parkings, placer les alignements d'arbres le long des cheminements menant à l'entrée du/des magasins.
- Associer les commerçants au positionnement des arbres et de la signalétique, en commençant par la visite conjointe d'un site témoin afin d'ancrer la discussion dans le concret (voir les études de cas n°2 p. 30 et n°14 p. 74).
- Prévoir le régime de **taille de formation** adapté. Dans une rue commerçante, il est souhaitable d'obtenir *in fine* une hauteur sous couronne d'au moins quatre mètres. Si cette hauteur est exigée dès la livraison, il faut alors acheter des arbres de **force** plus importante préparés à l'avance par un pépiniériste et avoir la possibilité de réaliser des plus gros trous de plantation (car la motte est plus grosse). L'espace de

39
[Designing Streets](#), p. 35

40
Par exemple : Devon County Council (2008), *Highways Development Management Advice for the Determination of Planning Application*, Devon County Council, Exeter.
www.devon.gov.uk/highways-standingadvice.pdf

41
Par exemple : City of York (date de publication non disponible), *Council Highway Design Guide*, City of York Council, York, Para. 14.5.
www.york.gov.uk/download/downloads/id/7681/highway_design_guide_-_all_chapterspdf.pdf

42
Wolf, K.L. (2014), « City Trees and Consumer Response in Retail Business Districts », Musso, F. et Druica, E. (éd.), *Handbook of Research on Retailer-Consumer Relationship Development*, IGI Global : Hershey, Pennsylvanie, pp. 152-172. Voir également les articles disponibles à : www.naturewithin.info/consumer.html



plantation et les disponibilités budgétaires détermineront la faisabilité d'une telle stratégie.

2.3.3

Lumière, éclairage et vidéosurveillance

La gêne que des arbres peuvent occasionner en privant de vue et de lumière les riverains est souvent évoquée lors des projets de construction. Ces nuisances sont facilement évitées en prenant soin de planter à la bonne densité, au bon endroit et en choisissant des essences adaptées au contexte. La taille du **houppier** en port libre à l'âge adulte, l'évolution de sa forme (par exemple, certaines espèces comme le chêne pédonculé (*Quercus robur*) s'élargissent considérablement avec le temps) et la densité du feuillage sont autant de paramètres à prendre en compte.

Une approche concertée de l'intégration du végétal et de l'éclairage est indispensable à la réalisation d'un espace public de qualité :

- Dans le contexte d'un nouvel aménagement ou de la requalification complète d'un espace public existant, arbres et lampadaires sont à positionner de telle sorte à rythmer et à faciliter la lisibilité de l'espace. En coordonnant le choix des hauteurs des candélabres ainsi que la forme et les dimensions finales des **houppiers** des arbres, il est possible d'utiliser ces derniers pour partiellement masquer les colonnes d'éclairage sans affecter la portée de l'éclairage. Au Royaume-Uni, le *Code of practice for lighting of roads and public amenity areas* (para. 4.3.3.2 de la norme BS 5489-1:2013) recommande une approche globale de l'éclairage et de la végétalisation des espaces. L'évolution des techniques d'éclairage, tel que l'essor des LED haute performance, facilite la conciliation de ces deux enjeux.
- Pour les requalifications partielles d'espaces existants où les colonnes d'éclairage sont conservées, le plan de plantation doit s'insérer dans ce contexte sans pour autant se départir de pragmatisme. Dans un cadre aussi artificiel que la ville, la majorité des contraintes sont auto-imposées. S'autoriser à envisager le déplacement d'un ou de plusieurs candélabres existants afin de mieux servir les objectifs d'un projet est donc essentiel.

Coordination et approche globale sont également les maîtres-mots pour assurer la compatibilité des systèmes de vidéosurveillance et des arbres. La sécurité des espaces publics est un enjeu à traiter dès leur conception. Les guides publiés au Royaume-Uni par le Department for Communities and Local Government⁴³ ainsi que le Home Office et le Design Council⁴⁴ sont unanimes sur ce point : pour prévenir la délinquance et la criminalité dans les espaces publics, une bonne conception des aménagements veillant à faciliter la surveillance naturelle et l'entretien, est plus efficace que l'intégration systématique de

caméras de vidéosurveillance. Des travaux de recherche ont par ailleurs établi que la présence d'arbres aide à réduire les comportements antisociaux et la délinquance dans les espaces publics⁴⁵.

Une étude⁴⁶ a également mis en évidence que lorsqu'un système de vidéosurveillance est utilisé, les agents de sécurité et les spécialistes de l'arbre travaillent rarement ensemble. Les entretiens réalisés pour cet ouvrage soulignent néanmoins que ces deux professions s'accordent sur le besoin de faire évoluer les pratiques :

- Lorsque des caméras de surveillance sont implantées dans un espace comprenant déjà des arbres, l'utilisation d'une plateforme de levage pour faire des essais de positionnement alors que les arbres sont en feuille permet d'optimiser l'efficacité des implantations proposées.
- Lorsque des arbres sont plantés ou remplacés dans un espace déjà équipé de caméras, il convient de choisir des essences présentant une forme, une taille et une densité de feuillage adaptées. Il est également important de prévoir un programme de **taille de formation** approprié.



43

Department for Communities and Local Government (2004), *Safer places: the planning system and crime prevention*, Department for Communities and Local Government, Londres. www.gov.uk/government/publications/safer-places-the-planning-system-and-crime-prevention

44

Design Council et Home Office (2014), *Creating safe places to live through design*, Design Council et Home Office, Londres. www.designcouncil.org.uk/sites/default/files/asset/document/creating-safe-places-to-live.pdf

45

Kuo, F.E. and Sullivan, W.C. (2001), « Environment and Crime in the inner city: Does vegetation reduce crime? » *Environment and Behaviour*, 33(3), 343-367

46

Body, S. (2012), « Investigation into the interactions between Closed Circuit Television and urban forest vegetation in Wales », Johnston, M. et Percival, G. (éd.) *Trees, People and the Built Environment. Forestry Commission Research Report*, Forestry Commission, Édimbourg. www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8bve4r



L'éclairage de Duke of York Square, à Londres, reprend un motif de feuillage pour animer cette scène d'hiver.
Image : DPA Lighting Consultants



2.4 Gestion de l'eau urbaine

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Veiller à ce que l'eau de pluie puisse atteindre et pénétrer l'espace d'enracinement.	- Concepteur(s) - Ingénieur VRD/ assainissement pluvial
Tirer pleinement parti des contributions des arbres et de leurs zones d'enracinement pour la gestion des eaux de pluie.	- Concepteur(s) - Ingénieur VRD/ assainissement pluvial
Intégrer explicitement les arbres au plan d'assainissement pluvial.	- Concepteur(s) - Ingénieur VRD/ assainissement pluvial

Le cycle de l'eau en ville est l'objet d'enjeux sociaux, environnementaux et économiques croissants. Sa gestion soulève des défis d'envergure, comme l'illustrent les sécheresses répétées affectant le sud de l'Angleterre depuis le milieu des années 2000 et les inondations graves ayant frappé l'ensemble du Royaume-Uni en 2007 et 2013.

Une grande partie des réseaux urbains au Royaume-Uni ont été construits il y a plus de 100 ans et se trouvent aujourd'hui constamment saturés. Ofwat, le régulateur de l'industrie de l'eau en Grande Bretagne et les concessionnaires de gestion présents en Angleterre et au Pays de Galles, considèrent que le seul recours aux infrastructures de gestion centralisée des eaux de ruissellement n'est ni durable sur un plan environnemental, ni économique sur un plan financier. L'ensemble des professionnels s'accordent sur la nécessité de combiner la rénovation des réseaux existants avec les techniques alternatives d'assainissement pluvial et la **récupération et l'utilisation des eaux de pluie (RUPE)**.

La législation qui rend obligatoire la gestion de l'eau de pluie à la source dans les nouvelles opérations d'aménagement a déjà été adoptée en Ecosse et est en voie d'adoption en Angleterre et au Pays de Galles.

En parallèle, l'intérêt des aménageurs, concepteurs, ingénieurs et autres praticiens pour le concept d'« urbanisme sensible à l'eau » (*water sensitive urban design*) est de plus en plus vif. Cette approche vise à intégrer tous les aspects de la gestion de l'eau, qu'il s'agisse de l'approvisionnement en eau potable ou à usage domestique, de la gestion des eaux de ruissellement et des eaux usées, ou des cours d'eau naturels, et ce, depuis le travail amont de planification urbaine jusqu'à la mise en œuvre des projets urbains et l'entretien de l'existant.

Les arbres contribuent pleinement à ces nouvelles formes d'urbanisme. Exploiter les arbres pour ce type de démarche peut se traduire par :

- Un traitement des pieds d'arbre et de leur

entourage permettant l'infiltration des eaux de ruissellement des surfaces imperméables alentour (voir les études de cas n°20, p. 126 et n°26, p. 131).

- La préservation et l'intégration d'arbres à large **houppier** en milieu urbain dense et/ou fortement imperméabilisé, afin de bénéficier de leur capacité à réduire le volume et le débit des eaux de ruissellement (voir l'étude de cas n°28, p. 133).
- La création d'espaces d'enracinement capables de contribuer à la réduction du volume et du débit des eaux de ruissellement entrant dans les réseaux (voir l'étude de cas n°4, p. 32).
- La création d'espaces d'enracinement capables de contribuer à l'élimination des polluants et au traitement des eaux de ruissellement avant leur rejet dans le milieu naturel (voir les études de cas n°4, p. 32 et n°27, p. 132).

Qu'ils soient ou non intégrés à des dispositifs plus vastes de techniques alternatives d'assainissement pluvial (voir para. 3.5), les arbres ont un impact significatif sur la gestion de l'eau. La prise en compte de cet impact dans la stratégie d'assainissement adoptée pour un projet est facilitée depuis dix ans par la multiplication de travaux de recherche s'attachant à quantifier la capacité de la végétation à intercepter, transpirer, infiltrer, stocker et assainir l'eau en ville. Un résumé de ces travaux est présenté ci-dessous.

Si l'impact des arbres sur le cycle de l'eau en ville est globalement positif, les arbres peuvent également endommager les réseaux enterrés lorsque des racines pénètrent dans les conduites ou qu'elles accentuent les variations d'humidité des sols rétractables. Les solutions pour prévenir et/ou traiter de ces nuisances sont détaillées aux para. 3.3.4, 3.4.2 et 3.4.3.

Interception par la ramure et le feuillage

Les données disponibles sur l'interception des eaux de pluie par la **ramure** et le feuillage montrent que :

- Le taux d'interception d'un épisode pluvieux varie entre 8% et 68%⁴⁷ pour un arbre isolé

47
Herrera Environmental Consultants (Février 2008), *The Effects of Trees on Stormwater Runoff*, City of Seattle Public Utilities, Seattle, Washington.
www.mapleleafcommunity.org/files/2008_SPU_Trees-stormwater.pdf



48

Metro (2002), *Trees for green streets: an illustrated guide*, Metro, Portland, Orégon. www.oregonmetro.gov/tools-partners/guides-and-tools/guide-safe-and-healthy-streets

49

Voir par exemple le modèle « Recarga » du Wisconsin Department of Natural Resources, disponible à : <http://dnr.wi.gov/topic/stormwater/standards/recarga.html>

50

Marritz, L. (2011), « Stormwater Quality Benefits of Bioretention with Trees » publié sur le blog de DeepRoot le 1er août 2011. www.deeproot.com/blog/blog-entries/stormwater-quality-benefits-of-bioretention-with-trees
Voir également : Davis, A.P. et autres (2012), « Hydrologic Performance of Bioretention Stormwater Control Measures », *J. Hydrologic Eng.*, ASCE, 17(5), 604-614

51

Denman, L. (2006), « Are Street Trees And Their Soils An Effective Stormwater Treatment Measure? », *Treenet, 7th National Street Tree Symposium Proceedings*, University of Adelaide, Adelaide, pp. 43-53. <https://www.treenet.org/wp-content/uploads/2006-The-8th-National-Street-Tree-Symposium-Proceedings.pdf>
Voir également : Davis, A.P. et autres (2009), « Bioretention Technology: An Overview of Current Practice and Future Needs », *J. Environ. Eng.*, ASCE, 135(3) 109-117

en fonction de l'essence concernée et du type de précipitations.

- Sur une année, à taille égale, les arbres à feuilles persistantes interceptent plus d'eau que leurs congénères à feuilles caduques - car ils présentent une surface de feuillage généralement plus importante et ce, même en hiver.

Transpiration

L'évapotranspiration renvoie d'une part à l'évaporation de l'eau présente à la surface des plantes et du sol qui les entourent et d'autre part à la transpiration par laquelle les plantes absorbent de l'eau par leurs racines, transfèrent cette eau jusqu'aux feuilles qui la rejettent dans l'atmosphère par leurs pores. La transpiration des arbres (et d'autres plantes) réduit le volume d'eau stocké dans le sol longtemps après une averse. Seules quelques études récentes ont tenté de quantifier le taux de transpiration associé à différents types d'arbres. Ces études ont révélé que les conifères transpirent 10 à 12% des précipitations tandis que les feuillus, lorsqu'ils sont en feuilles, sont capables de transpirer jusqu'à 25% des précipitations reçues. Les conifères ont des taux de transpiration plus faibles parce que la structure de leur feuillage est plus efficace que celle des feuillus pour retenir l'humidité⁴⁸. Ce phénomène est désormais pris en compte dans les modèles utilisés pour calibrer les techniques alternatives d'assainissement des eaux pluviales⁴⁹.

Infiltration

La croissance et la décomposition des racines des arbres augmentent le taux d'infiltration des sols et leur perméabilité.

Stockage

Les sols peuvent stocker l'eau de pluie pendant et après une averse. Cette eau stockée est ainsi disponible pour la croissance des plantes puis, le cas échéant, partiellement drainée dans les réseaux d'assainissement lorsque ces derniers ne sont pas saturés. Par exemple, un arbre planté dans 28 m³ de substrat présentant une capacité de stockage d'eau de l'ordre de 20%, et ayant été protégé de tout compactage, est capable d'emmagasiner le ruissellement résultant de 2,5 cm de précipitations tombées en l'espace de 24 h sur 70 m² de surface imperméable (un espace bien supérieur à celui couvert par son houppier). Cette estimation ne tient compte que de l'eau stockée dans la zone d'enracinement de l'arbre, et néglige l'évapotranspiration et l'interception par les branches et le feuillage.

Élimination des polluants

Les végétaux éliminent les polluants grâce à des mécanismes de filtration, d'absorption-assimilation, et de séquestration. Avec le temps, les arbres sont également capables d'augmenter la teneur en matière organique des sols qui elle-même séquestre de nombreux polluants. Même lorsque l'imperméabilisation des sols rend impossible l'apport en matière

organique par l'accumulation des feuilles mortes en décomposition, les arbres plantés dans de bonnes conditions (voir para. 3.1.3.) génèrent chaque année des racines fibreuses qui se décomposent suivant le même rythme que les feuilles.

La majorité des études récentes sur l'utilisation des arbres pour l'élimination des polluants contenus dans les eaux de ruissellement porte sur l'utilisation de fosses de plantation conçues pour la biorétention. Les tests menés en laboratoire ou en milieu urbain⁵⁰ ont démontré l'efficacité de ces systèmes pour réduire les taux de concentration et les volumes de solides en suspension, de métaux, d'hydrocarbures aromatiques polycycliques et d'autres composés organiques⁵¹. La végétation améliore aussi considérablement la rétention de l'azote et du phosphore.

Le para. 3.5 présente un échantillon des techniques disponibles pour optimiser la capacité des arbres et de leurs zones d'enracinement à infiltrer, stocker et assainir les eaux de pluie.

En haut : Janvier 2014, la première tranche du réaménagement de la rue Garibaldi à Lyon est en voie de finition (voir les études de cas n° 10, p. 39 et 17, p. 78).

Au centre : Noue et détail d'une rigole en cours de finition. Images : Anne Jaluzot

En bas : Avril 2014, la première tranche des aménagements de la rue Garibaldi prend vie. Image : Sophie Barthelet



2.5 Sécurité, santé et confort des personnes et de la faune

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Assurer un suivi sécuritaire et des pratiques d'entretien conformes aux principes énoncés dans les référentiels applicables (au Royaume-Uni : <i>Common Sense to Tree Management</i> par le National Tree Safety Group).	- Spécialiste de l'arbre
Éviter de créer des concentrations d'espèces d'arbres allergènes.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Prêter attention aux impacts positifs et négatifs que les arbres peuvent générer sur la qualité de l'air.	- Concepteur(s)
Utiliser des arbres pour protéger les bâtiments et les espaces publics du vent et abaisser les températures estivales.	- Concepteur(s)
Choisir des essences et des styles de plantation qui favorisent la biodiversité en ville.	- Concepteur(s) - Ecologue/ spécialiste 'trame verte'

2.5.1 Sécurité

Les arbres malades, infectés d'un parasite ou qui ont été fragilisés suite à des vents forts, des collisions, des excavations ayant abîmé le **système racinaire** ou d'autres dommages sont susceptibles de perdre des branches voire de tomber. Ils représentent par conséquent un risque à la sécurité des personnes et des biens. Tout en étant sérieux, ce risque n'en demeure pas moins faible, comme le montrent les statistiques compilées par le National Tree Safety Group (NTSG) reproduites ci-dessous⁵².

Pour prévenir et bien gérer ce risque, il est essentiel de :

- Veiller au bon respect des normes applicables pour la conduite de travaux à proximité d'un arbre (au Royaume-Uni, ces normes sont le BS 5837:2012 et le Volume 4 des *NJUG Guidelines*)
- Proscrire la plantation dans les espaces à forte fréquentation d'espèces connues pour leur propension aux chutes de branches ou à une détérioration rapide en cas d'infection.
- Spécifier et acheter des arbres en excellent état sanitaire qui ont été soumis, en pépinière, à des tests non invasifs garantissant leurs bonnes conditions physiologiques (voir le Principe 7, pp.

48-51 de *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*). Pour les arbres importés, exiger que les jeunes plants aient passé au moins une **saison de croissance** entière à la pépinière importatrice. Cette précaution facilite le dépistage des parasites et maladies non encore présentes sur le territoire et évite leur introduction (voir para. 4.4).

- Diversifier la gamme des espèces plantées. La plupart des maladies et des ravageurs ne s'attaquent qu'à une seule essence. La monoculture crée des conditions parfaites pour une épidémie incontrôlable (voir para. 4.2).
- Assurer que chaque arbre fait l'objet d'une visite de sécurité au minimum une fois tous les cinq ans, en prenant rapidement les mesures requises pour surveiller plus étroitement, gérer ou supprimer les arbres présentant des défauts structurels, ou infectés par un parasite ou une maladie. Les éventuels produits de taille doivent être éliminés et l'ensemble de l'outillage utilisé désinfecté selon les techniques appropriées.
- Respecter les principes énoncés par les référentiels applicables sur la gestion raisonnée des pratiques de taille des arbres et la prévention des risques (au Royaume-Uni : *Common Sense to Tree Management*⁵³.

52

Le NTSG est un forum regroupant depuis 2007 des organismes britanniques partageant un intérêt pour la gestion sécuritaire des risques liés aux arbres. National Tree Safety Group (2011), *Common Sense of Risk Management of Trees: Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers*, Forestry Commission, Édimbourg. [www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/\\$FILE/FCMS024.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/$FILE/FCMS024.pdf)

53

Voir note 52

54

Données extraites de : Watt, J. et Ball, D.J. (2009), *Trees and the Risk of Harm*, Report for the National Tree Safety Group, Middlesex University, Hendon. [www.forestry.gov.uk/pdf/NTSG-Report-1_Trees-and-the-Risk-of-Harm.pdf/\\$FILE/NTSG-Report-1_Trees-and-the-Risk-of-Harm.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/NTSG-Report-1_Trees-and-the-Risk-of-Harm.pdf/$FILE/NTSG-Report-1_Trees-and-the-Risk-of-Harm.pdf)

Arbres et risques sécuritaires ⁵⁴		
Risque annuel de mortalité		Base de calcul du risque et source
Lié à un cancer	1 sur 387	Angleterre et Pays de Galle, 1999
Lié à toute forme d'accident de la route	1 sur 16 800	Royaume-Uni, 1999
Lié à un arbre	1 sur 10 000 000	Royaume-Uni, 1999-2009
Nombre moyen de blessés traités aux services d'urgence		
Lié à la pratique de loisirs	2 900 000	Royaume-Uni, 1999-2009
Liés à un arbre	55	Royaume-Uni, 1999-2009





55

Un état des lieux des bienfaits avérés des arbres pour la santé publique a été produit en 2011 par Forest Research : www.forestry.gov.uk/pdf/Health_Benefits_of_Street_Trees_29June2011.pdf
Le site Internet Green Cities: Good Health géré par l'Université de Washington offre également un excellent recueil de ressources sur ce thème : <http://depts.washington.edu/hhwb/>

56

Voir : www.forestry.gov.uk/opm

57

Le rapport officiel annuel sur la pollution atmosphérique au Royaume-Uni est disponible à : <http://uk-air.defra.gov.uk/library/annualreport/>

58

Les impacts des polluants de l'air sur la santé publique au Royaume-Uni sont détaillés dans le rapport du Committee for the Medical Effects of Air Pollutants. Voir : www.comeap.org.uk/documents/reports

59

Donovan, R.G. et autres (2005), « Development and application of an Urban Tree Air Quality Score using the Birmingham, United Kingdom, area as a case study », *Environ. Sci. Technol.*, 39(17); 6730-6738

60

Stewart, H. et autres (2002), *Trees and Sustainable Urban Air Quality*, University of Lancaster and the Centre for Ecology and Hydrology, Lancaster. www.es.lancs.ac.uk/people/cnh/UrbanTreesBrochure.pdf

2.5.2

Santé et bien-être en ville

De nombreux travaux de recherche⁵⁵ attestent du rôle de l'arbre pour améliorer la santé physique et mentale des citoyens. Réduction de la prévalence des maladies respiratoires (voir para. 2.5.3 sur l'impact des arbres sur la qualité de l'air) et du stress chronique, augmentation des modes de vie actifs et protection contre les UV nocifs sont autant de bienfaits associés à une présence importante de l'arbre en ville. Les arbres contribuent également à la création d'un lien social. Ces effets bénéfiques font de l'arbre l'un des leviers majeurs pour améliorer la qualité de vie en milieu urbain.

Les rares effets négatifs des arbres sur la santé sont liés à l'augmentation des concentrations de pollens allergéniques et l'apparition de parasites nocifs. Ces problèmes nécessitent, comme tout autre risque, une gestion appropriée.

La mauvaise qualité de l'air dans les villes contribue à l'augmentation des réactions allergiques à de nombreuses substances comme la poussière, les acariens et les pollens, y compris les pollens d'arbres. Les arbres natifs des îles britanniques sont dotés de pollens fins, facilement transportés par le vent, qui figurent aujourd'hui parmi les plus allergènes. Pour limiter leurs nuisances, il convient d'intervenir à deux échelles :

- Au niveau local, dans les projets de plantation, veiller à éviter de créer des concentrations d'espèces allergènes.
- Au niveau régional, une coordination est nécessaire pour assurer un suivi des concentrations de pollens et informer les populations sensibles des variations éventuelles.

Un nombre limité de parasites affectant les arbres représente également une menace pour la santé humaine. Le cas le plus préoccupant est celui de la chenille processionnaire du chêne (*Thaumetopoea processionea*). Cette chenille est hérissée de milliers de petits poils contenant une substance très irritante. Originaires de l'Europe centrale et méridionale, où prédateurs et facteurs environnementaux sont en mesure de contrôler sa multiplication, la chenille processionnaire du chêne a été introduite au cours des 20 dernières années en Europe du nord et au Royaume-Uni par l'importation de plantes. Pour pallier ce type de risques liés à la biosécurité, il est de la responsabilité du concepteur de spécifier des jeunes arbres d'une provenance pleinement connue et dotés de passeports phytosanitaires (voir para. 4.5). Des conseils sur les bons réflexes à avoir en présence d'une infection de chenille processionnaire du chêne sont disponibles sur le site internet de la Forestry Commission⁵⁶.

2.5.3

Qualité de l'air

Le dioxyde d'azote, l'ozone, et les matières particulaires sont les trois principaux

polluants atmosphériques⁵⁷ nocifs pour la santé publique⁵⁸ dans les villes au Royaume-Uni. Le dioxyde de carbone, n'est pas normalement considéré comme un polluant atmosphérique car il n'a pas le même impact direct et aigu sur les capacités respiratoires des citoyens. Dans d'autres pays, ceux en particulier où le charbon est employé pour le chauffage domestique et/ou la production d'électricité, le dioxyde de soufre est aussi un polluant affectant la qualité de l'air en ville.

Ces polluants atmosphériques se déposent sur les surfaces, y compris celles offertes par les ramures et les feuilles des arbres. Compte tenu de l'ampleur de ces surfaces et de leur capacité à absorber certains polluants gazeux, les arbres peuvent contribuer à réduire la pollution de l'air en ville. Le rafraîchissement des températures engendré par les arbres est également en mesure de prévenir la formation d'ozone troposphérique (*i.e.* dans la couche d'air que nous respirons).

Cependant, localement, l'impact des arbres sur la qualité de l'air n'est pas toujours positif. Un nombre limité d'essences libèrent des composés organiques volatils qui peuvent contribuer à la pollution par l'ozone⁵⁹. Cet effet négatif est ressenti sous le vent des arbres concernés, plutôt qu'à leur abord immédiat.

Là où la réduction de la pollution de l'air est un objectif important, il convient donc de préférer les essences d'arbres qui n'émettent pas de composés organiques volatils et qui présentent de très grandes surfaces de feuillage - tels que le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), l'aulne glutineux (*Alnus glutinosa*), le mélèze (*Larix spp.*), l'érable plane (*Acer platanoides*), l'érable champêtre (*Acer campestre*), le frêne (*Fraxinus excelsior*) ou encore le bouleau (*Betula pendula*). Le Centre d'écologie et d'hydrologie de l'Université de Lancaster fournit une liste plus détaillée des espèces efficaces pour la réduction des polluants atmosphériques⁶⁰. Comme avec tout autre critère susceptible d'entrer en compte dans la sélection d'un arbre, il convient de ne pas se départir d'une approche équilibrée et globale telle que décrite dans le chapitre 4 ce guide.

Les arbres peuvent également avoir un impact localement négatif sur la qualité de l'air lorsque les houppiers forment une voûte, qui, combinée aux contraintes imposées par le bâti, limite la dispersion des polluants⁶¹. Ce phénomène, parfois appelé « l'effet de canyon urbain », est illustré par le schéma ci-contre. Utiliser les arbres pour atténuer la pollution de l'air en ville exige donc également de prêter attention aux éléments de contexte suivants : emplacement de la source de pollution (au sol, liée par exemple aux gaz d'échappement du trafic automobile, ou bien aérienne, liée par exemple aux émissions de cheminées) et profil en travers de la rue (rapport entre la hauteur des



façades et la largeur de façade à façade).
Sur ces bases :

- Dans un contexte de centre ville dense où le profil en travers des rues présente un ratio hauteur-largeur supérieur à 0,7 et que la source de pollution se trouve au niveau du sol, il est souhaitable de choisir une densité et un motif de plantation ne créant pas une voute arborée continue, de manière à favoriser une bonne dispersion des polluants atmosphériques tout en tirant parti des capacités d'ab- et d'ad-sorption des arbres.
- Dans un contexte comparable ne présentant pas de source de pollution au sol (par exemple dans un centre ville piétonnier), des arbres bien choisis et ombrageant l'espace public offrent également un filtre assainissant localement la qualité de l'air.
- Dans un contexte peu dense où les bâtiments ne sont pas susceptibles de créer un effet de canyon, on peut obtenir un effet similaire, même si la quantification exacte de l'ampleur de cet impact demeure encore l'objet de débats et de travaux de recherche⁶².

2.5.4 Réduction des températures et du vent

L'effet climatiseur des arbres est reconnu depuis longtemps⁶³. Cet effet est le fruit de l'ombre portée de leurs houppiers mais aussi et surtout du phénomène

d'évapotranspiration (voir p. 60). Des études récentes visant à quantifier ce phénomène suggèrent que l'évapotranspiration est directement fonction de l'activité photosynthétique et donc du taux de croissance des arbres⁶⁴. Ces conclusions ont des implications importantes concernant les conditions d'optimisation du rôle climatiseur des arbres. On retiendra tout particulièrement les trois facteurs suivants :

- Travailler à la conception d'un projet ou à la gestion d'un site sur la base d'un objectif de **couverture arborée** plutôt que d'un nombre d'arbres.
- Prévoir des substrats d'enracinement non-compactés et de dimensions suffisantes pour assurer aux plantations un développement leur permettant de générer le taux de couverture arborée visé.
- Assurer un bon approvisionnement en eau, et ce particulièrement durant les vagues de chaleur prolongées. Cet objectif peut être atteint en utilisant des revêtements perméables autour des arbres, et en facilitant un écoulement des eaux de pluie vers le **trou de plantation** et l'**espace d'enracinement**. Pour les projets de centre ville, il est parfois également possible d'intégrer des systèmes d'irrigation et de récupération des eaux de pluie plus ambitieux, tel que l'illustre le projet Garibaldi à Lyon (voir l'étude de cas n°17, p. 78).

L'impact des arbres sur les consommations énergétiques des bâtiments est également bien attesté. Les arbres placés suffisamment près d'une façade pour l'ombrager peuvent contribuer à réduire la consommation d'énergie liée à la climatisation. Pour les projets visant à utiliser ce type de plantations (auxquelles les anglais réfèrent par le terme de *Shade-effect trees*), outre les précautions qui s'imposent pour assurer l'intégrité des fondations, il est essentiel de veiller à ne pas cacher le soleil d'hiver. Aux latitudes du Royaume-Uni, on préférera en conséquence plutôt le côté ouest au côté exposé au sud pour réaliser ce type de plantation, à moins d'utiliser côté sud des arbres de haute tige ayant fait l'objet d'une **élévation de couronne**.

Les arbres plantés de telle sorte à abaisser les températures du bâtiment plutôt qu'à l'ombrager sont désignés dans le contexte anglo-saxon par le terme *Climate-effect trees*. C'est principalement grâce au phénomène d'évapotranspiration que ces arbres rafraîchissent l'air ambiant et limitent le recours à la climatisation. Ce type de plantation est aussi susceptible d'aider à réduire les besoins de chauffage en protégeant le ou les bâtiments du vent. Une étude conduite en Ecosse⁶⁵ a montré qu'une rangée d'arbres positionnée de manière à protéger un bâtiment des vents dominants sans faire obstacle aux gains solaires en hiver pouvait se traduire par des économies de chauffage allant jusqu'à 18%.

Les arbres peuvent également être utilisés pour limiter les turbulences et l'exposition au

61

Pugh, T.A.M. et autres (2012), « The effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons », *Environmental Science & Technology*, 46 (14), 7692-7699, DOI : 10.1021/es300826w. Vos, P.E.J., et al. (2012), « Improving local air quality in cities: To tree or not to tree? », *Environmental Pollution* 11/2012, 183, DOI : 10.1016/j.envpol.2012.10.021

62

Litschke, T. et Kuttler, W. (2008), « On the reduction of urban particle concentration by vegetation - a review », *Meteorol. Zeit.* 17 (3), pp. 229-240. www.uni-due.de/imperia/md/content/geographie/klimatologie/104_on_the_reduction_of_urban_particle_concentration.pdf

63

Doick, K. et Hutchings, T. (2013), *Air temperature regulation by urban trees and green infrastructure*, Forestry Commission Research Note. [www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/\\$FILE/FCRN012.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCRN012.pdf/$FILE/FCRN012.pdf)

64

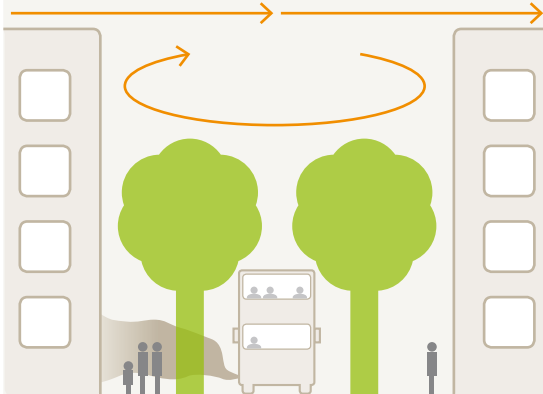
Ennos, R. (2012), « Quantifying the cooling benefits of trees », Johnston, M. et Percival, G. (éd), *Trees, People and the Built Environment*, Forestry Commission Research Report, Forestry Commission, Édimbourg. www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8bve4r

65

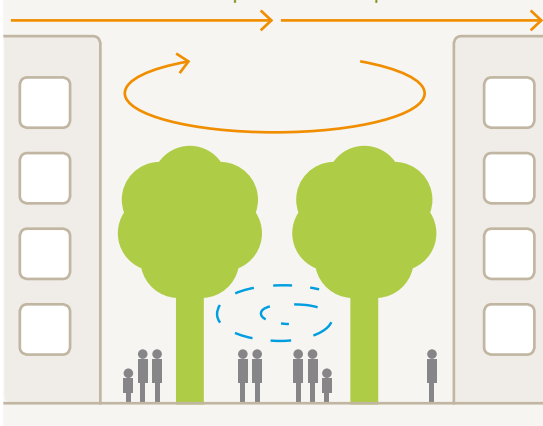
Liu, Y. et Harris, D.J. (2008), « Effects of shelterbelt trees on reducing heating-energy consumption of office buildings in Scotland », *Applied Energy* 85 (2-3), 115-127

Impact des arbres sur la qualité de l'air dans les rues dotées de profil en canyon

Rue à « effet de canyon » où la dispersion de la pollution est bloquée par les arbres



Effet filtrant des arbres ne présentant pas un obstacle à la dispersion des polluants





vent dans les espaces publics et améliorer le confort des piétons. Pour ce type de travail, le recours aux conseils d'un expert est souhaitable compte tenu de la complexité de la dynamique des flux en milieu urbain.



66

Limpens, H.J.G.A. et Kapteyn, K. (1991), « Bats, their behaviour and linear landscape elements », *Myotis*, 29, 39-48

2.5.5 Nature en ville

Les arbres contribuent à assurer la perméabilité de la ville à la faune et à enrichir la biodiversité du milieu urbain. Ils assurent une source de nourriture, d'habitat, et de repos. Les villes étant plus chaudes que les campagnes environnantes en hiver, certains oiseaux tels que les bergeronnettes choisissent parfois d'y hiverner à l'abri d'un arbre à feuilles persistantes.

Afin de rendre la ville plus hospitalière à la faune par l'usage des arbres, quatre facteurs sont à considérer :

- Le volume de houppier est le meilleur indicateur pour anticiper la présence d'une faune nombreuse, car la plupart des espèces ont besoin d'un volume minimal de feuillage pour survivre. Il convient donc de rechercher en priorité à maximiser le volume de houppier.
- L'agencement de plantation créant des continuités est également décisif : certaines

espèces ne sont pas en mesure de franchir des interruptions importantes, et, comme les chauves-souris⁶⁶, se repèrent sur les alignements d'arbres pour guider leurs déplacements. Un projet de plantation doit donc répondre non seulement aux contraintes et besoins du site, mais également s'inscrire si possible dans la création de continuités écologiques à plus grande échelle (trame verte et bleue) reliant des espaces verts existants.

- A l'échelle du projet, la présence de plusieurs strates de végétation renforce l'intérêt écologique des plantations. Lorsque le contexte s'y prête, il est donc souhaitable de combiner arbres à grand développement, arbustes et petits arbres comme le noisetier, et plantes tapissantes. Une telle approche a toutefois pour effet d'augmenter la compétition pour les ressources en eau. Il faut donc veiller à prévoir des apports en eau suffisants, surtout durant les premières saisons de croissance des jeunes arbres.
- Pour le choix d'espèces, il est également intéressant de considérer la valeur d'habitat des essences en prenant en compte leur propension à fournir du nectar, des fruits, des graines ainsi que la densité et la texture du houppier et ses variations saisonnières.



La place de West Smithfield, un espace accueillant pour les gens et la nature en plein cœur de la City à Londres. Image : City of London



2.6 Pieds d'arbre, nettoyage et viabilisation hivernale

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Bien évaluer la capacité à tolérer les chutes de fleurs, fruits, etc. auprès des usagers et du gestionnaire.	- Concepteur(s)
Prendre en compte tout à la fois les besoins de l'arbre, les usages du site et la capacité d'entretien pour choisir le traitement du pied d'arbre et de son entourage.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre - Gestionnaire
Communiquer efficacement avec le personnel coordonnant le salage en hiver sur les pratiques à adopter à proximité des arbres.	- Spécialiste de l'arbre - Gestionnaire
Après un hiver froid, prendre les mesures nécessaires pour réduire les risques de dommages aux arbres par pollution par le sel de déneigement.	- Spécialiste de l'arbre - Gestionnaire
Pour les secteurs exposés à un risque élevé de contamination par le sel de déneigement, choisir des essences tolérant la salinité des sols et les embruns salés.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

2.6.1 Chute de feuilles et autres déchets

Les arbres à feuilles caduques perdent leurs feuilles à l'automne. La plupart des services de nettoyage de rues sont équipés et organisés pour assurer le ramassage des feuilles tombées avant que celles-ci ne créent un terrain trop glissant ou ne bloquent les systèmes d'écoulement.

L'éventuel développement de conditions glissantes dues à l'accumulation de feuilles mortes humides dépend des conditions météorologiques et d'autres paramètres locaux⁶⁷. Dans les rues très fréquentées, le trafic automobile a tendance à repousser les feuilles sur les bas-côtés, et donc à limiter le risque de conditions glissantes sur la chaussée. En revanche sur les trottoirs, les rues moins fréquentées et les pistes cyclables, ce risque a tendance à être plus important - particulièrement pour les deux-roues.

Là où la chute de fruits est susceptible de menacer la sécurité routière (ce qui peut être le cas, par exemple, avec les glands de certains chênes - *Quercus spp.*), on utilisera des cultivars stériles. Le choix de cultivars permet également d'éviter d'autres nuisances comme la chute de sucs liés aux pucerons du tilleul (*Tilia spp.*).

2.6.2 Pieds d'arbre et entretien

Le choix de traitement du pied d'arbre doit répondre pleinement aux besoins de l'arbre et aux usages du site (fréquentation, esthétique et entretien) :

- Pour survivre, l'arbre a impérativement besoin qu'un échange gazeux efficace ait lieu entre la zone d'enracinement et l'atmosphère (voir para. 3.1.3). Les racines ont également besoin d'eau. Pour satisfaire ces besoins fondamentaux, les pieds d'arbre doivent être à la fois perméables et non compactés.

- C'est en fonction des usages et des dimensions du site que l'on détermine si les pieds d'arbre doivent être accessibles aux véhicules ou participer au maintien des continuités piétonnes. Ces usages affectent également les régimes d'entretien nécessaires et l'esthétique adoptée.
- Le choix du traitement de la bordure du pied d'arbre (la pose d'un cadre en métal, en bois, en pierres...) a aussi un impact sur le matériau choisi pour l'entourage de l'arbre.

Le mulch organique à base de broyage de bois est le traitement de pied d'arbre le plus bénéfique.. Il limite le compactage du sol et le développement des adventices, régule la température, garde l'humidité l'été et crée un apport de matières organiques par la dégradation du bois. Il présente aussi l'avantage d'être bon marché. Le mulch organique peut être utilisé en finition de l'ensemble de l'ouverture ménagée au pied de l'arbre lorsque ce dernier est borduré, ou sous une grille ou un platelage en bois. Dans les espaces contraints (étroits) et/ou très fréquentés, la seule utilisation du mulch organique est rarement adaptée car les broyats se trouvent piétinés et éparpillés sur les revêtements limitrophes. Toutefois, quel que soit le traitement de pied d'arbre choisi, il est souhaitable d'essayer d'intégrer un minimum de mulch organique immédiatement au-dessus de la motte du jeune arbre.

Le mulch minéral (graviers, roche volcanique concassée, pouzolanne, etc.), tant qu'il n'est pas compacté, permet de limiter la pousse d'adventice, tout en maintenant la perméabilité du pied d'arbre. Ce type de matériau est également peu coûteux. Si un passage de véhicule léger intervient occasionnellement, le mulch minéral peut être utilisé en combinaison avec un matelas cellulaire permettant de limiter les risques de compactage tout en maintenant le mulch en

67

Kopinga, J. (2008), « Leaf litter and traffic safety », *COST Action C15 Final Scientific Report: Improving relations between technical infrastructure and Végétation*, COST, Bruxelles.
http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/TUD/Action_C15/final_report/final_report-C15.pdf



place. En termes d'usage, le mulch organique peut être piétiné (tant que cet usage est modéré) et choisi de manière à se fondre visuellement avec la couleur des revêtements environnants. Il se prête aux places et larges trottoirs, voire aux parkings.

Les stabilisés poreux contiennent des particules fines qui, sous l'effet du piétinement créent une surface lisse, rendant le matériau moins susceptible de se trouver déporté hors du **piéd d'arbre**. Lorsqu'utilisé pour l'entourage de jeunes arbres, ce type de traitement ne doit pas être appliqué jusqu'à la base du tronc, mais combiné à l'apport de mulch organique immédiatement au-dessus de la motte, de manière à faciliter une bonne infiltration de l'eau. Tous les stabilisés poreux disponibles sur le marché ne sont pas adaptés à l'application en pied d'arbre : il est important de veiller à utiliser des matériaux à pH neutre. Il est également essentiel de prêter attention aux méthodes d'application employées : le compactage doit être inférieur à celui effectué lors de l'application du même produit pour créer un chemin piétonnier.

Les enrobés perméables sont capables d'accueillir un trafic piéton élevé et assurent une excellente accessibilité. Il faut distinguer deux types de produits : les revêtements perméables en caoutchouc, et les enrobés poreux à la résine. En dépit de leur coût élevé, les enrobés poreux à la résine sont, depuis une dizaine d'années, très populaires auprès des concepteurs en raison de leurs qualités esthétiques et de leur apparente facilité d'entretien (ce type de traitement n'a pas tendance à attirer mégots et autres déchets comme les grilles d'arbre). L'usage a toutefois révélé que ce type de traitement tend à se fissurer ou à se désagréger rapidement et à perdre encore plus vite sa porosité. Les entretiens réalisés en préparation de ce guide ont souligné que le recours à des installateurs qualifiés permet une meilleure durabilité – car le détail des spécifications suivies pour le diamètre de l'agrégat et la température de liquéfaction du polymère employés jouent un rôle déterminant. Les enrobés perméables en caoutchouc n'ont pas quant à eux suscité de préoccupations similaires, mais il est important de noter que leur utilisation en **piéd d'arbre** est une pratique plus récente.

Les grilles d'arbre (en fonte ou en acier) et platelages en bois sont efficaces pour permettre un usage intensif des pieds d'arbre tout en maintenant une bonne perméabilité et un non compactage. Toutefois, surtout lorsque des grilles en fonte sont employées, ce type de traitements représente un investissement important, qui attire par endroit les vols. En matière d'entretien, les grilles et platelages exigent un nettoyage manuel car les déchets tendent à se trouver pris sous l'installation. Le choix du matériau employé sera fonction du contexte. Lorsque de fortes propriétés de résistance mécanique sont requises (zone de marché ou vouée à accueillir tout autre forme

de véhicules lourds – 400 kN et plus) on préférera l'emploi de grilles en fonte ductile avec cadre autoportant. Dans les espaces piétonniers utilisés occasionnellement par des véhicules légers (par exemple 250 kN) les grilles en fonte ductile ou en acier offrent une solution adaptée. Dans les espaces à vocation strictement piétonne, le platelage en bois fournit une alternative intéressante car économe et souple en termes de dimensionnement. Ce choix est particulièrement commode pour les arbres matures, car la géométrie de l'**ouverture** des platelages de bois peut être facilement adaptée *in situ* pendant l'installation. Il est important de veiller à employer un platelage produit de manière responsable (certification FSC ou équivalent), ayant fait l'objet de traitements antidérapants, et présentant des caractéristiques de durabilité et de résistance mécanique adaptées. Quel que soit le matériau utilisé, il est essentiel que la grille ou le platelage soient bien installés : un mauvais positionnement du cadre engendre un risque de trébuchement et/ou la rupture de l'installation. Un suivi est essentiel pour éviter sur le long terme que la grille ou le platelage ne blesse ou n'étrangle le tronc de l'arbre ou se trouve soulevé(é) par les racines, surtout pour les arbres à grand développement. La grille ou le platelage doit alors être modifié ou remplacé. Certains modèles de grilles métalliques sont constitués d'éléments concentriques faciles à retirer en réponse à la croissance du tronc.

Le choix du traitement du **piéd d'arbre** a un impact sur la possibilité d'utiliser des balayeuses mécaniques et la nécessité éventuelle d'un recours à un nettoyage manuel. La facilité d'entretien compte tenu des moyens et contraintes qui s'imposent au gestionnaire constitue un paramètre tout aussi important que le respect des besoins de l'arbre. Lorsque le nettoyage est effectué avec des balayeuses mécaniques, il faut mettre en place des protections assurant que les engins ne blessent pas l'écorce (de telles blessures peuvent s'avérer fatales pour l'arbre) et n'enlèvent pas le mulch ou l'agrégat appliqués dans l'entourage. Les images incluses page suivante fournissent quelques exemples de solutions possibles.



Matériaux pour pieds d'arbre (alternatives à la végétalisation)			
	Contexte adapté	Entretien	Coût
Mulch organique	Espace non contraint – aucun usage n'est possible dans la zone du pied d'arbre. Larges trottoirs et autres espaces avec fréquentation modérée. En combinaison avec un autre traitement (par exemple, sous une grille).	Des apports complémentaires sont à prévoir tous les deux à trois ans. Risque d'éparpillement hors du cadre. Inadapté au nettoyage par balayeuse mécanique. Attire les déjections canines.	Très faible
Mulch minéral	Larges trottoirs et places, où le pied d'arbre n'est appelé qu'à être très peu piétiné.	Des apports complémentaires sont à prévoir. Un apport en mulch organique est à intégrer immédiatement au-dessus de la motte. Risque d'éparpillement. Inadapté au nettoyage par balayeuse mécanique. Attire les déjections canines.	Faible
Stabilisés poreux à pH neutre	Larges trottoirs et autres espaces où le pied d'arbre sera modérément piétiné.	Des apports complémentaires et un décompactage sont à prévoir. Un apport en mulch organique est à intégrer immédiatement au-dessus de la motte. Inadapté au nettoyage par balayeuse mécanique. Attire les déjections canines.	Faible
Enrobés perméables en caoutchouc	Trottoirs et autres espaces où le pied d'arbre devra être capable de supporter un piétinement important.	Un apport en mulch organique est à intégrer immédiatement au-dessus de la motte.	Moyen
Enrobés perméables à la résine	Trottoirs et autres espaces où le pied d'arbre doit être capable de supporter un piétinement important.	Sujet à la fissuration sous la pression des racines. Sujet à l'imperméabilisation, particulièrement si soumis à un balayage mécanique. Un apport en mulch organique est à intégrer immédiatement au-dessus de la motte.	Elevé
Grille métallique	Trottoirs et autres espaces où le pied d'arbre doit être capable de supporter un piétinement important et/ou le passage de véhicules.	Cadres sujets à la déformation sous l'effet d'un affaissement des fondations ou des racines. Emprisonne les déchets, rendant le nettoyage (nécessairement manuel) difficile. Un apport en mulch organique est à intégrer sous la grille.	Elevé



Solutions pratiques

Exemples de traitement de pieds d'arbre



Dans cette chicane située dans une rue lyonnaise, le broyat de bois constitue un pied d'arbre adapté. Image : Richard Barnes



Une bordure décourage le piétinement tout en maintenant une continuité visuelle, et prévenant l'éparpillement du paillis organique place Bellevue, à Lyon.



La végétalisation de l'entourage des platanes adultes de St John Street à Londres permet leur protection, tout en ménageant un espace agréable où s'asseoir. Image : Liz Kessler



Sur la Péninsule de Greenwich, à Londres, un entourage en pierre doté d'échancrures protège les pieds d'arbre végétalisés du piétinement, maintient le mulch en place, tout en facilitant la récupération des eaux de pluie.



Des graviers fins arasés en dessous du niveau de finition créent un pied d'arbre parfaitement perméable dans le cadre huppé de la City, à Londres. Image : Capita



Des graviers plus grossiers, également arasés en dessous du niveau de finition sont adaptés au piétinement occasionnel des cyclistes à Berne en Suisse.



Images non créditées : Un stabilisé poreux supporte un piétinement modéré à côté de cet arrêt de bus, à Rouen.



Des platelages en bois avec traitement antidérapant offrent une solution peu coûteuse et flexible pour ces pieds d'arbre entourés de terrasses de cafés, à Lyon. Image : Frédéric Ségur





Installation d'une grille remplie d'enrobé à la résine sur Ocean Road (voir l'étude de cas n°2, p. 30). Image : South Council Tyneside



Le platelage en bois est facilement adaptable à un arbre existant. Image : Frédéric Ségur



Grille d'arbre avec empièchement calcaire disposée en travers de la circulation pour éviter aux piétons de glisser sur les rainures, place Bellecour à Lyon.



Grille en fonte ductile dans une rue de Stockholm en Suède offrant une large surface pour faciliter l'échange gazeux et l'approvisionnement en eau de la zone d'enracinement.



Grille à éléments concentriques amovibles avec empièchement assorti au pavage environnant pour la station de bus de Dalston Junction à Hackney, à Londres.



Grille à éléments concentriques amovibles sur le boulevard de Swansea (voir l'étude de cas n°17 p. 78). Noter la bouche noire pour l'aération et l'irrigation. Image : Sue James



Cadre nu et produit fini pour ces grilles de pied d'arbre conçues sur mesure pour la place de la gare à Apeldoorn aux Pays-Bas (voir l'étude de cas n°24, p. 129). Images : Ron van Raam (à gauche) et Jeremy Barrell (à droite)





2.6.3

La viabilisation hivernale

Le sel de déneigement (chlorure de sodium) est dommageable aux arbres à proximité desquels il est employé. Cette pollution est susceptible d'intervenir lorsqu'une forte concentration de sel est présente dans les eaux de ruissellement pénétrant la **zone d'enracinement** ou lorsque les troncs sont exposés à des éclaboussures d'eau salée générées par la circulation. Les arbres peuvent aussi se trouver indirectement mis à mal lorsque le sel modifie les propriétés physiques et chimiques du sol : le chlorure de sodium entraîne une désintégration produisant des particules fines qui bouchent les pores du sol – et ce faisant le rend plus compact et **anaérobique**. Le sel modifie également les propriétés osmotiques du sol, ce qui oblige les arbres à dépenser plus d'énergie pour en extraire l'eau.

Limiter les dommages liés à la viabilisation hivernale passe par plusieurs solutions, certaines liées à l'arbre et d'autres aux pratiques de salage :

- Réduire la quantité de sel de déneigement appliquée en respectant les recommandations établies par la norme ou le référentiel en vigueur (au Royaume-Uni :

*Well Maintained Highways – Code for Highway Maintenance Management*⁶⁸.

- Protéger le **pied d'arbre** durant l'hiver en installant des bordures temporaires côté trafic sur les voies à circulation importante, comme illustré ci-dessous par cette photo prise au centre de Copenhague.
- Si la **zone d'enracinement** reçoit des eaux de ruissellement, veiller à intégrer des eaux de pluie collectées sur les toits de manière à diluer les concentrations salines.
- Choisir des essences tolérant la salinité des sols et/ou des embruns. La Forestry Commission a compilé en 2011 une liste⁶⁹ notant en fonction de leur tolérance au sel un certain nombre d'espèces d'ornement courantes au Royaume-Uni. Cette liste n'est pas exhaustive, et il est souhaitable de solliciter sur ce point les conseils d'un spécialiste de l'arbre et du pépiniériste fournisseur.
- Après un hiver vigoureux, veiller à diluer les concentrations de sel affectant les pieds d'arbre par un arrosage abondant au printemps.
- Après un hiver rigoureux, éviter de tailler de manière importante les arbres.
- Éviter autant que possible de placer les bacs à sel à proximité des arbres.



68

Disponible à :

www.ukroadsliasingroup.org/en/UKRLG-and-boards/uk-roads-board/wellmaintained-highways.cfm

69

Voir les annexes de : Forest Research (2011), *De-icing salt damage to trees*, Pathology Advisory Note No. 11, Forest Research, Édimbourg. [www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note11.pdf/\\$FILE/pathology_note11.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note11.pdf/$FILE/pathology_note11.pdf)



Durant les mois d'hiver, des protections en plastique noir d'un mètre de haut sont placées côté circulation autour des arbres dans les rues principales de Copenhague pour prévenir les arbres du sel. Image : Anne Jaluzot





Voir l'annuaire des études de cas p. 156



Étude de cas n°11 Lyon et Londres se réapproprient la rue

Lieu
Grand Lyon, France et
Londres, Angleterre

Type de projet
Voirie

Le Grand Lyon a choisi de faire de l'investissement dans la qualité des espaces publics l'un des axes centraux de sa politique de soutien au développement local. La conception de l'ensemble de ces espaces est en conséquence une compétence métropolitaine, de même que la gestion de la voirie et de l'ensemble des actifs qui s'y trouvent – y compris les arbres. Lorsqu'en guise de protestation contre les techniques de gestion et d'arrachage systématique alors pratiquées, les résidents ont commencé à s'enchaîner aux arbres, un changement radical est intervenu qui venait à point pour renforcer l'avènement d'une nouvelle politique des transports urbains mettant fin au « tout voiture ». Suite à la création d'un service arbre et paysage, le Grand Lyon a planté entre 1991 et 2014 plus de 50 000 nouveaux arbres et remplacé environ 18 000 arbres le long des rues et des espaces publics de l'agglomération. Comme l'explique Frédéric Ségur, responsable du service arbre et paysage à la Métropole du Grand Lyon, ce développement n'a été matériellement possible que grâce à la réattribution d'espaces jusqu'alors monopolisés par les

véhicules : « Nos politiques de l'arbre et des transports urbains vont main dans la main : cette dernière libère de l'espace nécessaire à l'intégration de l'arbre, et en retour les arbres créent la qualité d'environnement nécessaire pour attirer les usagers vers la marche, le vélo et les transports publics. Nous n'aurions pas pu réussir autrement ».

Au Royaume-Uni, la City of London Corporation a mis en œuvre une reconquête comparable de l'espace jusqu'alors alloué à la voiture. Au sein de cette unité administrative de taille limitée (c. 260 m²) et extrêmement dense au cœur de Londres, ce ne sont pas moins l'équivalent en surface de six terrains de football qui ont été transformés en nouveaux espaces publics et plantés d'une riche palette d'arbres.

Ci-dessous : Arbres et politique de transports urbains vont main dans la main dans le Grand Lyon. Image : Anne Jaluzot

En bas à gauche et à droite : Avant et après la requalification de Old Bailey au cœur de la City, à Londres. Image : City of London





Étude de cas n°12 Les arbres implantés au milieu de Whiteladies Road améliorent sécurité routière et confort

Lieu
Bristol,
Angleterre

Type de projet
Voirie



70

Disponible à :
[www.youtube.com/
watch?v=purZUFopnqE](https://www.youtube.com/watch?v=purZUFopnqE)

71

Base de sondage : 613
répondants usagers des
ligne 1 et 54 en octobre
2007 et 312 répondants
usagers de la ligne 1 en
février 2012

Whiteladies Road, une rue commerçante de Bristol, constitue l'un des dix axes stratégiques du réseau de bus de l'agglomération (voir également les études de cas n°8 p. 37 et n°14 p. 74). Dans le cadre d'une requalification de cette voie, financée par une subvention du Department for Transport (DfT, le Ministère des transports britannique) pour le projet Greater Bristol Bus Network (GBBN, le réseau de bus à haut niveau de service de l'agglomération de Bristol), près de 15 ormes (*Ulmus New Horizon*), tilleuls (*Tilia cordata Greenspire*) et platanes (*Platanus x hispanica*) ont été plantés dans l'îlot central nouvellement créé sur la chaussée. Cet aménagement a initialement fait controverse. On redoutait des problèmes de congestion accrus. Certaines associations cyclistes préféraient la création de bandes cyclables et craignaient une augmentation des conflits entre véhicules et cyclistes. Pour d'autres en revanche, cet aménagement semblait offrir un moyen efficace de résoudre les problèmes d'excès de vitesse et de conduite dangereuse affectant Whiteladies Road la nuit, tout en créant de jour une rue bien plus accueillante à l'ensemble de ses usagers. Riverains et commerçants ont été particulièrement sensibles à l'amélioration que cet aménagement apportait aux traversées piétonnes. En termes de circulation, la création de l'îlot central devait également faciliter les « tourne à gauche » (l'équivalent du « tourne à droite » pour la conduite à gauche), et ce faisant, améliorer la fluidité du trafic. Depuis son inauguration au printemps 2012, cette requalification a incontestablement tenu ses promesses. Les élus ont recueilli les compliments des

riverains. L'aménagement a reçu en 2013 le « Prix Environnement » de la Bristol Civic Society (une association de promotion de la qualité des aménagements et de défense du patrimoine). Un automobiliste enthousiaste a réalisé et publié sur YouTube une vidéo⁷⁰ illustrant l'impact de ces aménagements sur l'apaisement et la fluidité du trafic.

En 2014 les premiers résultats statistiques du suivi sont parus. Une baisse sensible du nombre total d'accidents a été enregistrée entre « l'avant » (2007) et « l'après » (2013). La fréquentation de Whiteladies Road par les cyclistes a augmenté de 13% entre 2007 et 2012, et le nombre d'accidents impliquant un ou des cycliste(s) a légèrement diminué. Le nombre total de décès et de blessés graves a diminué de manière bien plus importante qu'à l'échelle de tout Bristol (abstraction faite des autres axes également requalifiés dans le cadre du projet GBBN), en revanche, le nombre de blessés légers a légèrement augmenté (en passant de 12 à 15). Toutefois, cette variation affecte un échantillon d'une taille si restreinte et sur un durée si courte (observation d'un an) qu'il est difficile d'en tirer une conclusion solide. La fréquentation des bus de FirstGroup (concessionnaire des lignes principales du réseau GBBN) empruntant Whiteladies Road a augmenté de plus de 40% entre 2008/09 - 2013/14. Le taux de satisfaction des usagers est passé de 28% en 2007 à 81%⁷¹ en 2012, un niveau jamais atteint au préalable.

Whiteladies route après l'achèvement de
l'aménagement GBBN.
Image : City Design Group, Bristol City Council





Étude de cas n°13
Le projet « rue évidente » (Self-explaining road) de Glen Innes

Lieu
 Auckland,
 Nouvelle Zélande

Type de projet
 Résidentiel

En 2007, le réseau de rues en damier du quartier de Glen Innes dans la banlieue d'Auckland enregistre un taux d'accidents de la route deux fois plus élevé que dans les sept autres quartiers de la ville. Cela a incité une fondation locale à octroyer une subvention au Laboratoire national de recherche sur les transports pour travailler avec la municipalité d'Auckland et l'Université de Waikato à remédier à cette situation.

La solution choisie, baptisée *Self-Explaining Road* (SER, que l'on peut traduire par le terme « rue évidente »), repose non pas sur l'introduction de signalétique, mais sur une végétalisation de la voirie pour modifier les perceptions visuelles des automobilistes et créer une géométrie de chaussée qui induise une conduite plus apaisée. Le programme a fait l'objet d'un suivi étroit portant à la fois sur les axes réaménagés et sur une série de rues voisines similaires n'ayant pas été modifiées. Le projet a débuté par une phase de concertation avec les habitants pour identifier les axes où privilégier la diminution de la vitesse. Des propositions d'aménagement ont ensuite été réalisées pour adapter les caractéristiques

physiques des rues à « apaiser » à l'aide de plantations, d'installations d'œuvres d'art et de la création de chicanes. Là encore, les habitants, y compris les écoliers, ont été étroitement associés.

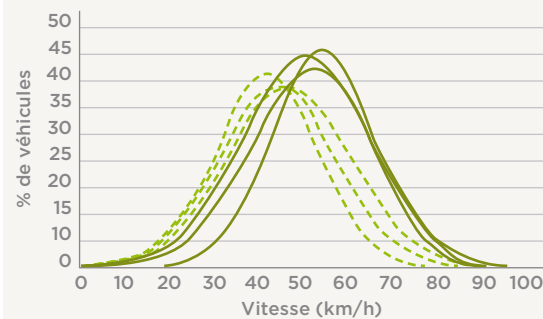
Les aménagements ont conduit à une baisse significative des vitesses moyennes observées dans les rues traitées comme voies de desserte locale, à vitesse réduite. L'analyse des statistiques d'accidents sur une période de 36 mois après l'achèvement des travaux a révélé une réduction de 30% du nombre d'accidents par an. Les vidéos réalisées pour le suivi des comportements induits par les aménagements ont révélé une augmentation de la fréquentation piétonne des rues apaisées, moins de trafic automobile et un mode de conduite moins linéaire. Les piétons sont également apparus moins contraints dans leur utilisation de la rue, manifestant ainsi un sentiment de sécurité et une inclination à la convivialité précédemment absente et non-observée le long des rues témoin.

Anderson Avenue est l'une des trois rues sélectionnés pour le projet « rue évidente ». Image : Samuel G. Charlton

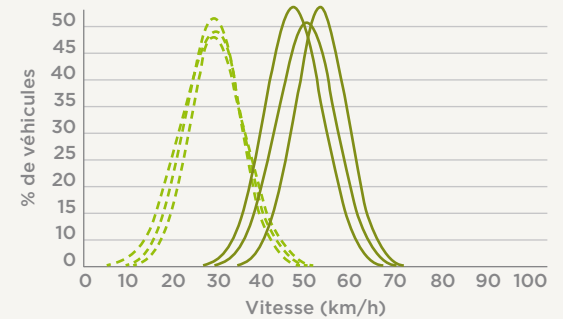
Profil de vitesse des véhicules

--- Rue de desserte (choisie pour une réduction de la vitesse)
 — Rue de distribution (rue témoin - pas d'aménagements réalisés)

Avant



Après





Étude de cas n°14 Des arbres pour améliorer l'attractivité des lignes de bus et revitaliser le commerce

Lieu
Bristol,
Angleterre

Type de projet
Économie locale

Le projet Greater Bristol Bus Network (GBBN – Réseau de bus du Grand Bristol) a permis l'amélioration de dix lignes stratégiques desservant l'agglomération de Bristol (voir les études de cas n°8 p. 37 et n°12 p. 72). Le mode de financement de ce projet, essentiellement couvert par une subvention de l'Etat, exigeait son achèvement sous quatre ans (2008-2012). Steve Bird, alors responsable du service des Transports Urbains de la ville de Bristol décrit son approche comme suit : « *Nous savions que nous devons travailler de manière plus globale, car pour livrer un programme d'une telle ampleur aussi rapidement, il fallait pouvoir compter sur l'absence d'opposition majeure parmi les résidents et commerçants. Planter 500 nouveaux arbres le long des lignes de bus du GBBN a constitué un énorme atout pour requalifier les espaces publics desservis et obtenir le soutien des riverains* ».

Le projet s'est aussi avéré bénéfique pour les commerces situés à proximité :

- Le long de Brislington Hill, l'un des premiers tronçons livrés, le taux de vacance des locaux commerciaux qui oscillait depuis plusieurs années autour de 30% s'est trouvé résorbé. L'impact positif a été tel que pour le reste du projet, Brislington Hill a fait l'objet de visites et d'ateliers sur site avec les commerçants concernés par les tronçons du GBBN encore à l'étude.
- Sur Straits Parade, un parking accueillant une fois par mois un marché, les forains étaient initialement inquiets de la réduction du stationnement résultant de l'espace réaffecté aux bus et à la plantation de chênes (*Quercus robur*). Depuis l'achèvement du projet, Straits Parade s'est vu décerner le prix *Vibrant shopping area* (« quartier commerçant dynamique ») et le gestionnaire du marché a demandé à doubler sa fréquence.
- A Broadwalk, un petit centre commercial ouvrant sur l'un des axes desservis par le GBBN, le projet a permis la suppression des

barrières de sécurité qui empêchaient les traversées piétonnes au droit de l'entrée du centre et le verdissement de cette entrée au moyen de neuf tilleuls (*Tilia cordata 'Greenspire'*). Un an après la fin des travaux, le gérant du centre a indiqué que pour la première fois depuis 12 ans, le centre était pleinement occupé et que le profil des commerces s'était amélioré. Les plantations réalisées ont attiré la bienveillance des résidents, et lorsque la sécheresse du printemps 2012 a frappé, un petit groupe s'est porté volontaire pour aider à arroser les jeunes arbres selon un calendrier convenu avec l'équipe des espaces verts de la Ville (pour éviter l'excès d'eau !).

Plusieurs facteurs ont contribué à l'obtention de résultats aussi globaux à partir d'un projet initialement motivé par la création d'un meilleur service de transports publics (voir également l'étude de cas n°12 p. 72). Parmi ces facteurs, la création temporaire d'un poste de spécialiste de l'arbre financé par et dédié au projet a joué un rôle déterminant. Les enjeux associés à l'arbre ont ainsi pu être pleinement pris en compte de la conception à la réalisation des travaux, et très bien traités lors de la concertation avec le public. Steve Bird en a conclu que financer un poste dédié aux enjeux liés à l'arbre s'était avéré : « *Un excellent investissement car cela a permis de bien mieux gérer les communications avec les gestionnaires de réseaux enterrés, les commerçants et les riverains – en apportant des réponses compétentes, que seul un vrai expert de l'arbre pouvait offrir. Cette expérience nous a beaucoup appris et l'intégration des arbres est désormais un objectif dans tous nos projets* ».

En haut : Brislington Hill avant et après.

En bas : Straits Parade, avant et après.
Images : City Design Group, Bristol City Council





Étude de cas n°15 Des vergers linéaires pour soutenir le développement du vélo

Lieu
Hackney, Londres,
Angleterre

Type de projet
Voirie

Hackney est l'un des boroughs les plus proactifs de Londres pour la réalisation d'aménagements visant à encourager l'usage du vélo, tout en améliorant le cadre de vie. Les mesures prises pour adapter un réseau viaire qui a largement été conçu sans tenir compte des besoins des cyclistes sont accompagnées et mises en valeur par une approche innovante de l'arbre en ville. Les « vergers linéaires » participent de cette approche.

C'est en 2009 dans Palatine Road, une voie qui avait été fermée au trafic motorisé à peine une dizaine d'années plus tôt pour créer une petite place de quartier, que le premier verger linéaire a vu le jour. L'objectif était d'améliorer un tronçon de la « Route 9 » du réseau cyclable londonien empruntant la rue. Un mélange de pommiers (*Malus domestica Elstar*), poiriers (*Pyrus 'Conférence'* et *Pyrus communis 'Doyenne du Comice'*) et pruniers (*Prunus domestica 'Victoria'*) formés en espaliers ont été plantés adossés à une clôture de bois le long d'une bande jardinée, offrant ainsi un écran

transparent et comestible entre la placette et la voie cyclable. Le projet a eu un tel impact sur la qualité du cadre de vie que les riverains ont par la suite sollicité le borough pour que d'autres arbres soient plantés dans les rues voisines. La création d'un autre verger linéaire a également accompagné en 2012 la reconfiguration d'un carrefour le long de Powerscroft Road pour améliorer la sécurité des cyclistes et des piétons.

Ces deux réalisations figurent sur la « carte des vergers » en cours de réalisation dans le Borough d'Hackney par une association impliquée sur le thème de l'agriculture urbaine. Une fois la reprise et la formation des arbres bien consolidée, le Borough prévoit d'utiliser ces deux sites pour organiser des événements à destination du grand public sur la formation et l'entretien des arbres en espalier.

Avant et après le réaménagement de
Palatine Road.

Images : London Borough of Hackney (avant),
Transport Initiatives (après)





Étude de cas n°16 Des arbres pour assurer le bon fonctionnement d'une zone de rencontre

Lieu
Hackney, Londres,
Angleterre

Type de projet
Voirie

Leonard Circus, une petite place située au croisement de deux rues du quartier de Shoreditch, est récemment devenue l'un des premiers exemples de **zone de rencontre** de la capitale Britannique. C'est en réponse à la diminution du trafic automobile engendrée par la zone à péage urbain, et à l'augmentation de la fréquentation cycliste qui s'en est suivie que le Borough de Hackney a jugé opportun d'expérimenter sur ce site le concept de *woonerf* de l'ingénieur hollandais Hans Monderman (que l'on traduit par « zone de rencontre »). Le carrefour comprenait sur un côté un terre-plein surélevé maladroïtement aménagé avec une large sculpture. Cette configuration rendait le terre-plein difficile à utiliser et la place peu commode à traverser pour les piétons. L'ensemble présentait un caractère « routier » inadapté au quartier.

La sculpture a donc été déplacée dans un parc où elle est mieux mise en valeur tandis que le carrefour a été transformé en un espace de plain-pied, où seuls les changements de matériaux et la présence d'arbres guident les usagers. La chaussée mixte est pavée de briques roses et émaillée de motifs quadrangulaires gris perpendiculaires à la circulation qui invitent les véhicules à ralentir tout en créant un contraste attrayant sur un plan esthétique. En bordure, les trottoirs en pierre de York ont été conservés mais ne dépassent que de 3 cm le reste de la chaussée. Au milieu de la zone de rencontre se trouvent 11 arbres en apparence implantés de manière aléatoire, mais en réalité positionnés avec soin pour

éviter le dense réseau de câbles enterrés du quartier, tout en guidant la circulation automobile.

Les plantations comptent à la fois des feuillus et des conifères pour assurer un impact visuel fort tout au long de l'année – un critère important compte tenu du rôle joué par les arbres pour guider la circulation. Les quatre conifères – des pins sylvestres (*Pinus sylvestris*, originaires du Royaume-Uni et présentant de jolis reflets bleutés) et des pins noirs d'Autriche (*Pinus nigra*, très efficaces pour éliminer les polluants atmosphériques) – ont été placés au centre. Autour se trouvent des ginkos (*Ginkgo biloba*) et des liquidambars (*Liquidambar styraciflua* 'Worplesdon') sélectionnés pour leur résistance à la chaleur et leurs couleurs d'automne, ainsi qu'un bouleau chinois (*Betula albosinensis* 'Fascination') pour ajouter un spécimen inattendu, plus un tulipier de Virginie (*Liriodendron tulipifera*) qui était déjà en place.

Pour assurer une portance adéquate jusqu'aux pieds d'arbre tout en ménageant un **espace d'enracinement** non compacté, un système portant modulaire (Stratacell) a été employé pour chaque nouvel arbre planté.



Leonard Circus avant réaménagement en zone de rencontre.



Projet d'aménagement de Leonard Circus.

Images : London Borough of Hackney

Voir p. 24 pour des images complémentaires.





Ci-dessus :
Leonard Circus
en Juillet 2014
après les travaux.

Image : London
Borough of Hackney

À gauche :
Sur l'heure du
déjeuner des stands
de repas à emporter
animent la place.

Image :
Jeremy Barrell



Étude de cas n°17 Des arbres assurent la climatisation et la gestion de l'eau sur la rue Garibaldi

Lieu
Lyon,
France

Type de projet
Voirie

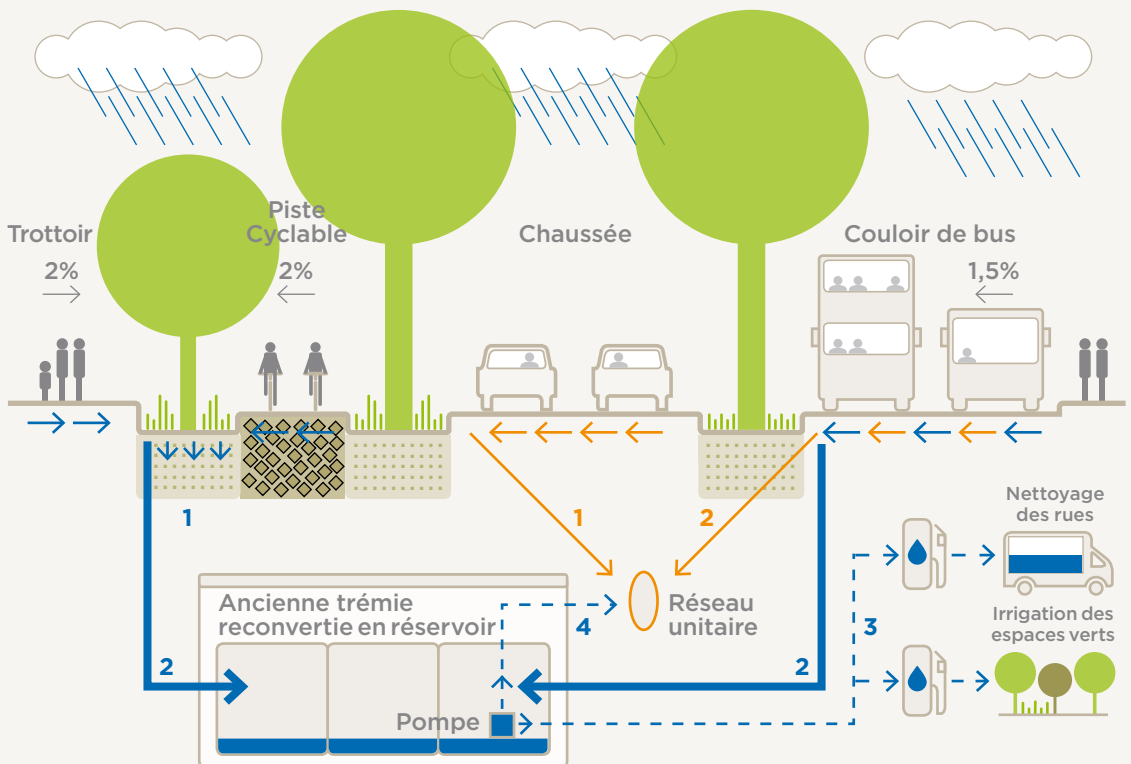
La rue Garibaldi est une artère majeure du centre de Lyon. Conçue comme une autoroute urbaine dans les années 60, cet axe surdimensionné ne répond plus aux besoins de qualité et de perméabilité des espaces publics du quartier d'affaires et centre commercial de la Part-Dieu. Une première requalification légère a eu lieu dans les années 90 et un deuxième remaniement plus ambitieux est aujourd'hui en cours. L'objectif est de transformer cet axe à six voies long de 2,6 km en un boulevard paysager aux fonctions multiples.

Le réaménagement prévoit un changement drastique dans la répartition de l'espace : piétons, cyclistes et bus jouissent désormais de la part du lion. L'attrait de l'ensemble est renforcé par une riche trame végétale séparant les différents modes de transports. Cette trame agrmente visuellement le trajet des usagers et apporte ombre et fraîcheur en été. Elle facilite aussi la gestion des eaux de pluie tout en établissant une continuité écologique dans un secteur particulièrement minéral du cœur de Lyon.

Pour assurer le succès de l'ensemble, le réaménagement a également affecté le sous-sol. Un **mélange terre-pierre** a été employé sous la piste cyclable : les arbres des bandes végétalisées situées de part et d'autre disposent ainsi d'un **espace d'enracinement** continu substantiel. La première tranche des travaux inaugurée en Mars 2014 inclut également la reconversion d'une ancienne trémie voiture en réservoir recueillant l'excès d'eau de ruissellement généré par les trottoirs, la piste cyclable et la voie de bus (hors période de déneigement) dépassant la capacité d'infiltration et d'absorption des bandes végétalisées. L'eau recueillie est exploitée pour le nettoyage des rues et l'irrigation des arbres en temps de vague de chaleur. Ce régime d'arrosage vise à augmenter l'évapotranspiration des arbres, et ce faisant, leur capacité à rafraîchir la température de l'air. C'est ainsi un système de climatisation « naturel » à l'échelle de tout un quartier qui a été mis en place. Symbole de l'attrait d'une approche ambitieuse et contemporaine du traitement des espaces publics auprès des investisseurs privés, la rue Garibaldi est aujourd'hui le seul site de construction d'un immeuble de grande hauteur à Lyon.

Gestion des eaux pluviales sur la rue Garibaldi

- Eaux de ruissellement polluées
- Eaux de ruissellement non polluées
- Terre végétale
- ⊞ Mélange terre-pierre



1. Infiltration des eaux de pluie
2. Débordement vers le réservoir enterré
3. Réutilisation des eaux de pluie
4. Réinjection progressive vers le réseau unitaire - en cas de très fortes pluies

1. Rejet direct vers le réseau unitaire
2. Uniquement rejeté vers le réseau unitaire en hiver - pour éviter la pollution due aux sels de déneigement





Ci-dessus :
La rue Garibaldi en
septembre 2015.

À gauche : Première
tranche de la rue
Garibaldi avant
travaux.

À droite : Même
section au
printemps 2014,
quelques mois
après la fin des
travaux. Images :
Frédéric Ségur

Pour des vues
complémentaires,
voir p. 39 et p. 60.



Checklist

Le projet tire-t-il au mieux parti des bienfaits des arbres ?

Chef de projet,

avez-vous...

- Veillé à l'intégration des différentes logiques (drainage, éclairage, sécurité, trafic, accessibilité, aménité, paysage et écologie, etc.) dans l'élaboration du projet et les rendus associés, quel que soit le membre de l'équipe responsable de ce rendu ?

Concepteur(s),

avez-vous...

Examiné toutes les possibilités pour faire de la place aux arbres :

- Dans les projets de construction en zones non déjà viabilisées, en veillant à l'intégration des arbres existants et proposés avec le positionnement et le dimensionnement des bâtiments, de la voirie et des réseaux ?
- Dans les reprises d'existant, en explorant les réaffectations possibles d'espaces auparavant alloués à l'automobile pour permettre l'introduction d'arbres là où des trottoirs trop étroits ne le permettaient pas, ou pour améliorer et étendre la **zone d'enracinement** d'arbres existants ?
- Prévus la création ou l'intégration d'un ouvrage ou d'une tranchée commune pour les réseaux enterrés ?

Pleinement exploité les services susceptibles d'être rendus par l'arbre, qu'il soit déjà en place ou proposé pour :

- Aider à limiter la vitesse ?
- Créer un environnement attractif pour la marche et le vélo ?
- Gérer les eaux de pluie, tout en satisfaisant également les besoins en eau de l'arbre ?
- Améliorer la santé et le bien-être des riverains et usagers ?
- Améliorer la présence de la nature en ville ?
- Adoucir le microclimat (en fournissant de l'ombrage, un abri contre le vent, etc.) et réduire les besoins énergétiques des bâtiments environnants ?
- Améliorer ou conserver l'identité du quartier ?

Assuré la compatibilité de l'arbre avec l'ensemble des contraintes présentes au-dessus du sol, en veillant à :

- Prendre en compte la taille et l'évolution de la forme de l'arbre à l'âge adulte lors du choix et du positionnement des plantations nouvelles vis-à-vis des bâtiments et autres structures environnantes ?
- Maintenir des conditions de visibilité appropriées pour les usagers de la rue, les enseignes et vitrines des commerces et le bon fonctionnement des systèmes de vidéosurveillance ?
- Evaluer toutes les options s'offrant pour le traitement des pieds d'arbre et leurs rebords éventuels ?

Spécialiste de l'arbre,

avez-vous...

- Engagé un dialogue avec les services de voirie pour planter des arbres en empiétant sur la chaussée (chicane ou avancée du trottoir dans la bande de stationnement) là où les trottoirs sont trop étroits ?
- Engagé un dialogue avec les concepteurs pour exploiter les opportunités d'améliorer l'espace d'enracinement des arbres existants ?



- Veillé à la diversité et à la pertinence des choix d'essence compte tenu du site, du contexte plus large et des fonctions à remplir par les arbres sur le projet ?
- Veillé à ce que les spécifications relatives aux méthodes de production, de plantation et de gestion des arbres assurent bien les dégagements verticaux et horizontaux nécessaires au projet ?
- Vérifié que le traitement des pieds d'arbre permet un échange gazeux et une capacité d'infiltrer l'eau satisfaisants ?
- Veiller à ce que les spécifications détaillant le dimensionnement et les caractéristiques de l'espace d'enracinement sont cohérentes avec les contraintes de résistance mécanique et les besoins des réseaux ?

Ingénieur de voirie,

avez-vous...

- Tiré parti de la végétation, en particulier des arbres pour apaiser la circulation ?
- Résolu les problèmes de sécurité routière de manière appropriée au contexte urbain local ?
- Sollicité les conseils d'un spécialiste compétent sur l'utilisation des arbres pour créer des zones de rencontre fonctionnant bien ?
- Sollicité les conseils d'un spécialiste compétent sur l'utilisation des arbres pour améliorer l'attractivité des espaces publics aux piétons et cyclistes ?
- Sollicité les conseils d'un spécialiste compétent sur l'utilisation des arbres pour améliorer la perception du public des projets de transport en commun et leurs retombées ?
- Communiqué clairement au concepteur et au spécialiste de l'arbre les dégagements verticaux et horizontaux nécessaires à la livraison du projet et leur évolution au fil du temps ?
- Travaillé avec le spécialiste de l'arbre sur la mise en œuvre de méthodes de gestion adaptées lorsqu'un arbre empiète sur le volume enveloppe maximal des véhicules en mouvement ?
- Pris l'habitude de solliciter régulièrement le spécialiste de l'arbre pour un retour sur l'impact des pratiques de viabilisation hivernale, et de modifier ces pratiques lorsque des dommages au patrimoine arboré local interviennent ?
- Pris l'habitude d'offrir au spécialiste de l'arbre, aux concepteurs et au maître d'ouvrage un retour sur la durabilité et la facilité d'entretien de différents types de traitements de pieds d'arbres dans différents contextes ?
- Etabli un dialogue avec le concepteur sur la technique de construction de la **zone d'enracinement** des arbres au regard du programme visé et des caractéristiques pédologiques et géotechniques du site ?

Ingénieur VRD/assainissement pluvial,

avez-vous...

- Veillé à ce que les arbres disposent d'un approvisionnement adéquat en eau de pluie ?
- Exploré les possibilités d'utiliser les arbres et leurs espaces d'enracinement pour infiltrer, stocker, et/ou traiter les eaux de ruissellement ?
- Considéré les caractéristiques pédologiques et géotechniques du site ?
- Travaillé avec le concepteur sur la stratégie de récupération des eaux de pluie ?



Références



Document ou ressource non technique



Document ou ressource pour professionnel



Document ou ressource de nature académique

Les multiples fonctions de l'arbre



Lawrence, HW (2008), *City Trees: A Historical Geography from the Renaissance through to the Nineteenth Century*, University of Virginia Press, Charlottesville, Virginia.



CIRIA (2012), *The benefits of large species trees in urban landscapes; a costing, design and management guide*, CIRIA, Londres.



Trees and Design Action Group (2011), *The Canopy*, TDAG, Londres.
www.tdag.org.uk/the-canopy



Trees and Design Action Group (2012). *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*, TDAG, Londres.
www.tdag.org.uk/trees-in-the-townscape

Une rue accueillante et sûre pour tous



Pharoah, T (1991), *Traffic Calming Guidelines*, Devon County Council, Exeter.
www.ciht.org.uk/en/knowledge/standards-advice/traffic-calming-guidelines--devon-county-council.cfm



Forsyth, A., et autres (2008), « Design and Destinations: Factors Influencing Walking and Total Physical Activity », *Urban Studies*, 45(9), 1973-1996.

Visibilité et obstructions – voirie, commerces, vidéosurveillance



Kuo, F.E. et Sullivan, W.C. (2001), « Environment and Crime in the inner city: Does vegetation reduce crime? », *Environment and Behaviour*, 33(3), 343-367.



Body, S. (2012), « Investigation into the interactions between Closed Circuit Television and urban forest vegetation in Wales », Johnston, M. et Percival, G. (éd.), *Trees, People and the Built Environment*, Forestry Commission Research Report, Forestry Commission, Édimbourg.
www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8bve4r



Trees and consumer environments (« Arbres d'ornement et commerces »), Recueil de ressources consultable en ligne, géré par l'Université de Washington (Orégon).
www.naturewithin.info/consumer.html



Wolf, K.L. (2014), « City Trees and Consumer Response in Retail Business Districts », Musso F. et Druica E. (éd.) *Handbook of Research on Retailer-Consumer Relationship Development*, IGI Global, Hershey, Pennsylvanie, pp. 152-172.

Aménagements sensibles à l'eau



CIRIA (2013), *Water Sensitive Urban Design in the UK: Ideas for built environment practitioners*, CIRIA, Londres.
www.susdrain.org/files/resources/ciria_guidance/wsud_ideas_book.pdf





Hoban, A. et Wong, T. (2006), « Water Sensitive Urban Design for Resilience to Climate Change », *Proceedings of the 1st Australian National Hydropolis Conference*, Burswood Entertainment Complex, Perth, Western Australia, 8-11 Octobre 2006.



Vernon, B. et Tiwari, R. (2009), « Place making through water sensitive urban design », *Sustainability* 1(4), 789-814.



Herrera Environmental Consultants (Février 2008), *The Effects of Trees on Stormwater Runoff*, City of Seattle Public Utilities, Seattle, Washington.
http://www.mapleleafcommunity.org/files/2008_SPU_Trees-stormwater.pdf

Sécurité, santé et bien-être



National Tree Safety Group (2011), *Common Sense Risk Management of Trees, Guidance on trees and public safety in the UK for owners, managers and advisers*, Forestry Commission, Édimbourg.
[www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/\\$FILE/FCMS024.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/FCMS024.pdf/$FILE/FCMS024.pdf)



Thomas, A.M. et autres (2012), « Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons », *Environ. Sci. Technol*, 46 (14), 7692-7699.



Maher, B.A. et autres (2013), « Impact of Roadside Tree Lines on Indoor Concentrations of Traffic-Derived Particulate Matter », *Environ. Sci. Technol*, 47 (23), 13737-13744.



Ennos, R (2012), « Quantifying the cooling benefits of trees », Johnston, M. et Percival, G. (éd.), *Trees, People and the Built Environment*, Forestry Commission Research Report, Forestry Commission, Édimbourg.
<http://www.forestry.gov.uk/forestry/infd-8bve4r>

Matériaux pour pied d'arbre, nettoyage et viabilisation hivernale



Forest Research (2011), *De-icing salt damage to trees*, Pathology Advisory Note No. 11, Forest Research, Édimbourg.
[www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note11.pdf/\\$FILE/pathology_note11.pdf](http://www.forestry.gov.uk/pdf/pathology_note11.pdf/$FILE/pathology_note11.pdf)



Kopinga J. (2008), « Leaf litter and traffic safety », *COST Action C15 Final Scientific Report: Improving relations between technical infrastructure and Végétation*, COST, Bruxelles.
http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/TUD/Action_C15/final_report/final_report-C15.pdf



UK Roads Liaison Group (2013), *Well-Maintained Highways - Code of Practice for Highway Maintenance Management*, UKLRG, Londres.
www.ukroadsliaisongroup.org/en/UKRLG-and-boards/uk-roads-board/wellmaintained-highways.cfm

Solutions techniques



	Concevoir et construire des aménagements durables	86
3.1	Mieux connaître les arbres pour mieux travailler avec	88
3.1.1	Terminologie	88
3.1.2	Pourquoi vouloir assurer la longévité de l'arbre	88
3.1.3	Racines, oxygène et volume de sol	90
3.1.4	Dissiper le mythe de la terre végétale	92
3.1.5	Drainage et accès à l'eau	92
3.1.6	Protection du pied et du tronc de l'arbre	93
3.1.7	Principes de base pour l'espace d'enracinement	94
3.2	Assurer la portance	98
3.2.1	Substrats structuraux	98
3.2.2	Systèmes à caissons	107
3.2.3	Systèmes flottants	110
3.3	Assurer l'intégrité des surfaces et structures	112
3.3.1	Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres	112
3.3.2	Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres	112
3.3.3	Remédier à un conflit existant entre racines et revêtement de surface	114
3.3.4	Arbres et sols rétractables	114
3.4	Intégrer réseaux enterrés et arbres	116
3.4.1	Rationaliser l'espace alloué et l'accès aux réseaux	116
3.4.2	Éviter les dommages indirects	116
3.4.3	Éviter les dommages directs	117
3.5	Intégrer les arbres aux dispositifs de gestion alternative des eaux de pluie	118
3.5.1	Les points clés pour réussir	118
3.5.2	Options d'aménagement	120
	Études de cas	124
	Checklist	134
	Références	136



Solutions techniques

Concevoir et construire des aménagements durables

L'intégration des arbres en milieu urbain fait l'objet d'un regain d'intérêt indéniable : nouvelles études et innovations techniques foisonnent. Ces travaux affinent la compréhension des besoins de l'arbre et permettent de nouvelles stratégies pour assurer le succès durable de son intégration aux infrastructures urbaines. Les solutions déployées pour l'aménagement de l'espace souterrain sont essentielles à cette démarche.

Objectifs

Principalement axé sur les solutions constructives à adopter pour l'espace souterrain, ce chapitre vise à :

- Équiper les concepteurs de projets urbains d'une meilleure compréhension des besoins fondamentaux des arbres en ville.
- Offrir un état des lieux des savoirs actuels quant aux avantages et inconvénients, aux contextes d'application pertinents, et aux facteurs de réussite d'un large éventail de solutions pour l'intégration des arbres aux infrastructures urbaines.
- Faciliter une prise de décision plus éclairée pour l'aménagement de l'espace souterrain destiné à accueillir des arbres.

Applicabilité

Le contenu de ce chapitre est tout particulièrement susceptible d'affecter :

- Les études d'avant-projet : principes retenus pour l'intégration des réseaux enterrés au site et leur bonne cohabitation avec les arbres, rôle des arbres dans la stratégie d'assainissement pluvial, solutions envisagées pour répondre aux besoins de portance des surfaces.
- Les études de projet : détail des solutions adoptées pour l'espace d'enracinement des arbres.
- L'ordonnancement et le pilotage des travaux.
- Le programme de maintenance.









Bénéfices

Les bénéfices recherchés sont les suivants :

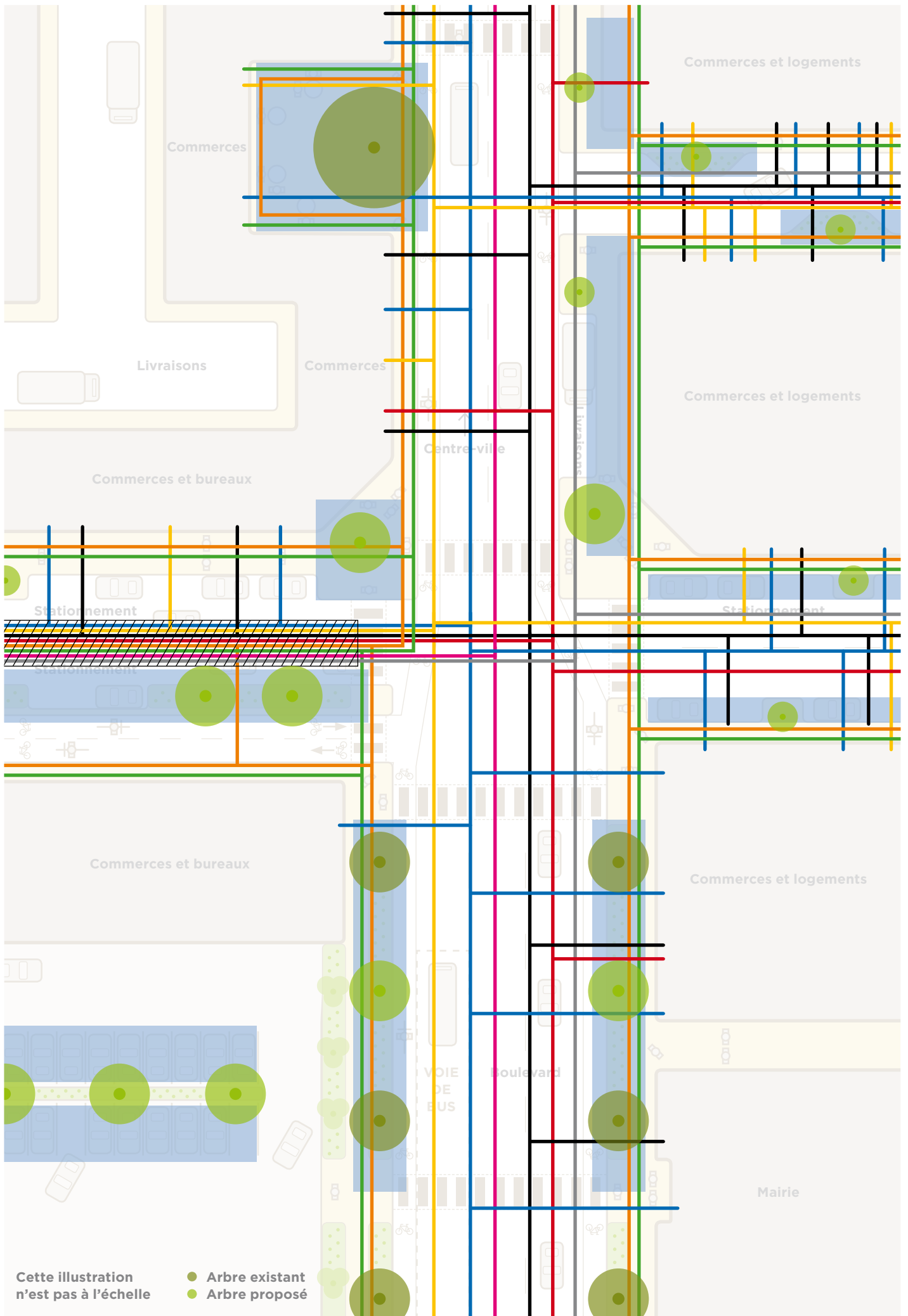
- Des infrastructures urbaines plus performantes, combinant avec succès des composantes vertes (reposant largement sur le végétal) et grises (résultant de l'ingénierie classique).
- Des coûts d'entretien des infrastructures urbaines réduits.
- Une plus grande capacité des maîtres d'ouvrage à employer des solutions contemporaines pour assurer la bonne intégration de l'arbre.
- Une meilleure adaptation des paysages urbains aux changements climatiques, et tout particulièrement aux risques d'inondations pluviales.
- Une longévité accrue pour les forêts urbaines existantes et futures.

La complexité de l'espace souterrain en ville

Le schéma ci-contre montre comment l'opération réalisée (voir p. 141) a rationalisé l'espace occupé par les réseaux enterrés et leurs modalités d'accès. Les conditions d'une cohabitation durable et mutuellement bénéfique entre arbres et infrastructures ont été établies grâce à l'utilisation pertinente de systèmes d'enracinement portants. Comment le choix des essences accompagne-t-il cette stratégie ? Voir le chapitre 4.

- | | |
|---|--|
|  Système d'enracinement portant adapté au contexte |  Gaz |
|  Galerie commune regroupant les réseaux cofinancés par l'opération d'aménagement de l'ancienne friche |  Égout unitaire |
| |  Eau potable |
| |  Electricité HT/HTA |
| |  Éclairage |
| |  Câbles de télécommunication |
| |  Câble de vidéosurveillance |
| |  Autre réseau |







3.1 Mieux connaître les arbres pour mieux travailler avec

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Veiller à établir au sein de l'équipe de conception une vision partagée des besoins à satisfaire pour assurer le bon développement de l'arbre.	- Spécialiste de l'arbre
Veiller à établir au sein de l'équipe de conception une vision partagée des exigences à satisfaire pour assurer le bon fonctionnement des infrastructures entourant les arbres.	- Concepteur(s) - Agent de la Voirie et des Réseaux - Gestionnaire de réseaux

Les arbres sont des organismes vivants. Il n'est possible ni de prédire ni de contrôler avec certitude leur comportement. Toutefois, mieux connaître leur cycle de vie et leurs besoins fondamentaux permet de meilleurs choix pour assurer une intégration durable et réussie aux infrastructures urbaines.

Bien comprendre les quelques points fondamentaux décrits ci-dessous ne supprime pas la nécessité d'impliquer des professionnels de l'arbre compétents tout au long du déroulé d'un projet, mais vise à établir les bases d'une collaboration fructueuse.

3.1.1 Terminologie

Le terme « fosse de plantation » est l'expression consacrée pour désigner l'espace créé pour faire pousser les arbres en ville. En fonction du contexte, le terme est susceptible de plus précisément renvoyer à :

- **L'ouverture de surface** créée pour planter l'arbre dans le sol et maintenue non pavée une fois cette plantation réalisée.
- **Le trou de plantation** réalisé pour placer la motte de racines dans le substrat appelé à être colonisé par l'arbre.
- **L'espace d'enracinement**, à savoir l'ensemble du substrat que les racines de l'arbre pourront coloniser qu'il s'agisse de terre végétale, d'un **mélange terre-pierre**, du sol existant ou de tout autre substrat, qu'il ait ou pas été spécialement apporté ou préparé. Ce substrat intègre aussi parfois des barrières pour contenir la croissance du **système racinaire** dans certaines directions ou encore des dispositifs portants ou diffuseurs de charge évitant le compactage.
- L'ensemble des éléments mentionnés ci-dessus, plus les dispositifs installés au-dessus ou au-dessous du sol pour faciliter l'ancrage de l'arbre, son arrosage, ou encore l'aération de l'**espace d'enracinement**.

Le terme « fosse de plantation » peut s'avérer trompeur, car il évoque l'image d'un espace confiné, ce qui constitue une représentation erronée du type d'environnement dont les arbres ont besoin pour grandir et s'épanouir tout en demeurant compatibles avec les infrastructures qui les entourent. Les arbres ne poussent pas comme des plantes en pot.

Pour éviter toute confusion, le choix a été fait d'éviter le terme de « fosse de plantation » dans ce guide, et d'employer selon le contexte, le ou les termes spécifiques présentés ci-dessus.

3.1.2 Pourquoi vouloir assurer la longévité de l'arbre

Un arbre planté est une promesse pour l'avenir. Ce n'est qu'au fil du temps qu'un arbre réalise son potentiel de croissance et ce faisant, assure un retour sur investissement en apportant toute une gamme de bienfaits. D'un point de vue financier, les arbres ont un cycle de vie très différent des autres actifs présents sur la voirie : leur valeur augmente avec le temps.

Assurer un bon retour sur investissement avec les arbres plantés en ville exige de bien prendre en compte ce phénomène d'appréciation tant dans les choix de conception que de gestion. Il est par exemple important de savoir :

- Anticiper l'évolution de leurs dimensions et de leurs besoins au fil du temps dans les projets.
- Adopter une gestion stratégique de maîtrise des coûts d'entretien.

La **population d'arbres** dans une ville est généralement composée d'un mélange d'arbres à grand, moyen et petit développement, ayant des rythmes de maturation variés. La taille de l'arbre mais également son espérance de vie affectent l'ampleur des bienfaits susceptibles d'être apportés. Un arbre de première grandeur doté d'une longue espérance de vie tel que le platane commun (*Platanus x hispanica*) représente de ce point de vue un réel atout car les bénéfices générés annuellement sont importants et ce, sur une durée pouvant dépasser les 100 ans. Chiffrer l'impact potentiel des plantations proposées dans le cadre de l'évaluation socio-économique d'un projet est une étape importante de la démarche projet (voir para. 1.1.2 ainsi que l'étude de cas n°3, p. 31).

Le bilan bénéfices-coûts associé à un arbre est d'autant plus positif qu'un bon



investissement a été réalisé au début de son cycle de vie sur :

- Le choix d'une essence adaptée au site (voir para. 4.1).
- La mise à disposition d'un volume et d'un substrat d'enracinement satisfaisants (voir para. 3.1.3).
- L'installation de protections adéquates autour du jeune arbre (voir para. 3.1.6).
- La mise en œuvre de **soins de parachèvement et confortement** adaptés comprenant un programme de **taille de formation** pour ajuster la structure de la **ramure**, une stratégie moins onéreuse que de pratiquer cet élagage sur l'arbre mature quand un conflit survient (voir para. 1.2.4).



Un platane âgé de plus d'un siècle sur le Victoria Embankment, à Londres.
Image : Sue James



3.1.3 Racines, oxygène et volume de sol

Plus les conditions d'enracinement d'un arbre sont bonnes, plus ce dernier a de chances de s'épanouir sans causer de dommages aux infrastructures qui l'entourent.

L'accès des racines à l'oxygène est crucial

Il est bien connu que, comme toute autre plante, l'arbre a besoin d'eau, de nutriments et d'un minimum d'espace pour vivre. Ce qui l'est moins, c'est combien la capacité de l'arbre à satisfaire ces besoins essentiels dépend du degré d'aération du sol.

Quelle que soit la richesse en éléments nutritifs et en eau d'un sol, si ce dernier est dénué de macropores (les vides présents entre les particules minérales qui le composent) et d'oxygène, les racines des arbres ne peuvent ni grandir, ni absorber eau et nutriments. Lorsque la teneur en oxygène d'un sol est inférieure à 10%, les racines cessent de se développer et perdent leur capacité à protéger l'arbre des gaz nocifs présents dans le sol tels que le dioxyde de carbone ou l'éthanol⁷².

En milieu urbain, l'imperméabilisation des surfaces nuit considérablement à l'aération des sols :

- La présence de revêtements imperméables empêche tout échange gazeux : l'oxygène présent dans l'atmosphère ne peut pas pénétrer les horizons supérieurs du sol et le dioxyde de carbone produit par les racines ne peut pas s'échapper vers l'atmosphère.
- L'imperméabilisation modifie également les conditions de drainage et tend à générer une hausse artificielle des aquifères, qui exacerbe les tendances **anaérobiques** (l'absence d'oxygène) des sols urbains.
- Le compactage nécessaire pour assurer la portance et la longévité des revêtements compromet également l'échange gazeux en éliminant toute présence de pores (susceptibles de contenir de l'oxygène) dans le sol.

Dans de telles circonstances, seuls deux scénarios sont possibles :

- Le dépérissement précoce des arbres : la croissance du jeune plant est lente tant que les racines peuvent exploiter le sol présent dans la **motte racinaire**. Lorsque les besoins de l'arbre dépassent les ressources disponibles dans ce volume restreint, un déclin intervient. L'arbre meurt alors sans avoir généré les bienfaits qu'un spécimen sain adulte peut apporter.
- L'endommagement des infrastructures entourant l'arbre : les racines des arbres ne peuvent croître que là où de l'oxygène est présent dans le sol, ce qui, en milieu urbain, signifie dans la couche d'assise du revêtement de surface ou encore le long ou à l'intérieur des canalisations souterraines. Les risques de déformations et dommages aux structures sont alors inévitables.

Veiller à satisfaire le besoin fondamental des arbres à l'accès à des sols aérés (c'est-à-dire riches en macropores et en oxygène) facilite en conséquence considérablement la bonne intégration des arbres aux infrastructures urbaines.

Le volume de substrat

Outre la présence en quantité suffisante de macropores et d'oxygène dans le sol, le volume de substrat disponible pour le développement racinaire constitue le second facteur clé pour garantir une bonne cohabitation entre arbres et infrastructures en ville. Plusieurs méthodes existent pour évaluer le volume de substrat nécessaire à la croissance d'un arbre⁷³. La valeur retenue au final dépend de l'essence concernée et du contexte. Il est souhaitable, sur ce point, de recueillir les conseils d'un spécialiste de l'arbre doté d'un bon niveau de connaissance sur l'établissement et la gestion des jeunes sujets.

Les stratégies à explorer pour atteindre le volume d'enracinement nécessaire sont multiples :

- S'assurer que les besoins en matière de volume d'enracinement sont communiqués en début de projet, dès l'engagement des études d'avant-projet. Faute de cela, trop de paramètres auront déjà été fixés pour pouvoir satisfaire ces besoins à moindre coût.
- Elargir autant que possible l'**espace d'enracinement** sous les surfaces en dur (trottoirs, chaussée, parking, etc.) au moyen de systèmes d'enracinement portants (voir para. 3.2).
- Planter les arbres dans une tranchée continue protégée du compactage. Cette approche permet aux racines de se développer tout au long de la tranchée et de partager les ressources en sol. La largeur de la tranchée est à établir en fonction de celle des mottes des arbres plantés.
- Tirer parti des zones de sols meubles adjacentes. Les arbres d'alignement sont parfois situés à proximité d'espaces verts (parcs et jardins, bande paysagée en bordure de bâtiment, etc.). Il est alors souhaitable de ménager des « zones d'expansion racinaires » invitant les racines des arbres à croître loin des couches d'assises des revêtements ou des canalisations vers les ressources en terre végétale moins compactées présentes dans les espaces verts. Ce type de stratégie exige de bien prendre en compte les besoins d'ancrage garants de la stabilité mécanique de l'arbre.



72

Kozłowski, TT (1985), « Soil aeration, flooding and tree growth », *Journal of Arboriculture* 11:85-96

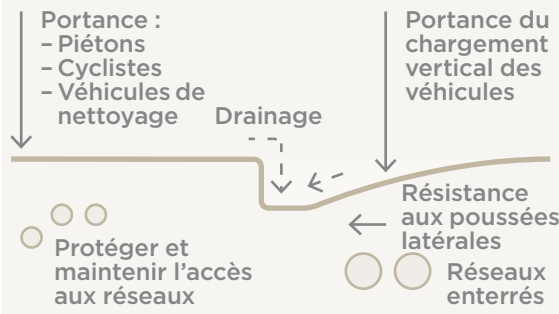
73

Il existe à l'heure actuelle deux grands types de méthodes pour estimer le volume de substrat dont un arbre a besoin : celles dérivées de mesures réalisées sur le terrain et celles basées sur un calcul des besoins en eau de l'arbre. Les valeurs qui en découlent varient considérablement en raison des disparités des hypothèses retenues quant au climat, aux espèces et au type de sol. Un résumé de ces méthodes est disponible à : http://stormwater.pca.state.mn.us/index.php/Studies_analyzing_minimum_soil_volume_needed_by_trees

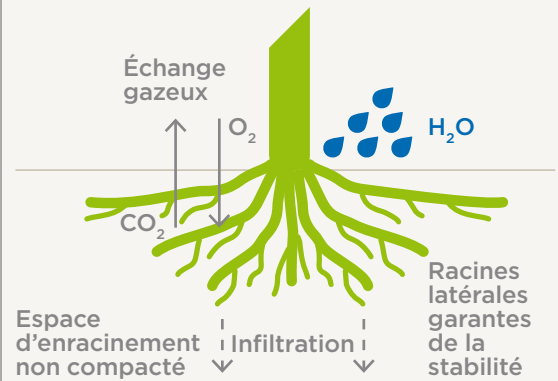


Facteurs clés pour une intégration réussie des arbres en milieu urbain

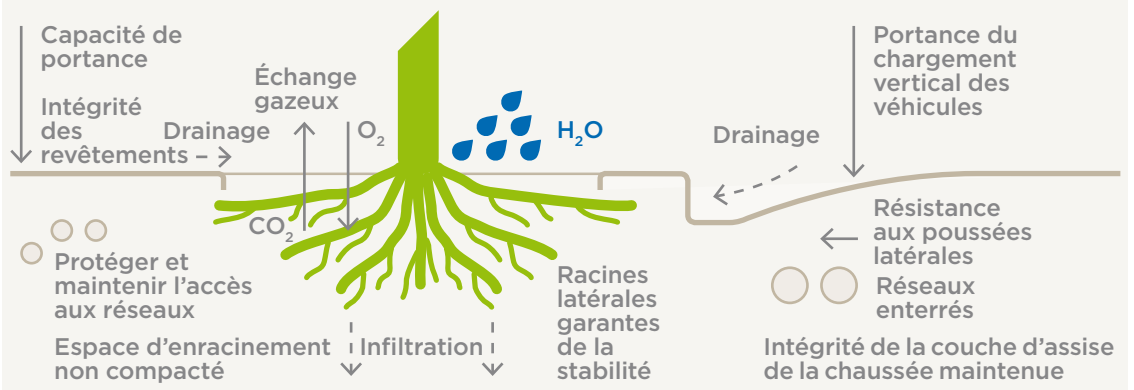
Besoins de la chaussée



Besoins de l'arbre



Cahier des charges à remplir



Dans ce parking situé à Gelsenkirchen en Allemagne, les différents taux de croissance des arbres (tous de la même essence et plantés en même temps) ne s'expliquent que par les variations dans le volume de substrat non compacté qu'ils peuvent exploiter.
Image : Johan Östberg



3.1.4 Dissiper le mythe de la terre végétale

Qu'est-ce que la terre végétale ?

La terre végétale désigne la couche supérieure d'un sol, née de la décomposition des matières organiques. On pense souvent que planter les arbres dans de la terre végétale est « toujours ce qu'il y a de mieux », or ceci est loin d'être le cas.

L'un des principaux traits qui différencie la terre végétale des autres horizons (c'est-à-dire des couches) du sol est la présence d'une activité microbienne intense. Cette activité microbienne, qui se nourrit d'oxygène, est très bénéfique à la vie végétale, y compris aux racines des arbres. Toutefois, lorsque l'approvisionnement en oxygène est insuffisant, des bactéries **anaérobiques** (capable de vivre sans, ou avec très peu d'oxygène) nocives la remplacent.

Comme il en a été question ci-dessus (voir para. 3.1.3), la plupart des espaces d'enracinement présents en ville se trouvent sous des surfaces imperméables, et leur teneur en oxygène est entièrement dépendante de la présence éventuelle d'un système d'aération (et de son efficacité) ainsi que du degré de compactage du sol. Il est par conséquent essentiel d'adapter la composition des mélanges de terre incorporés au substrat de plantation au contexte auquel il est destiné⁷⁴. Si l'équipe de conception ne dispose pas en son sein d'une solide expertise en cette matière, il est préférable d'engager un spécialiste⁷⁵.

Tests pédologiques et réutilisation des sols existants

Il est souhaitable que le substrat utilisé pour remblayer le **trou de plantation** présente une texture et une structure aussi similaires que possible à celles du sol excavé. Si les caractéristiques de ce dernier sont satisfaisantes, sa réutilisation pour le remblaiement est recommandée⁷⁶.

Importer des sols représente un coût financier et environnemental élevé. Éliminer les matériaux de déblai est également onéreux. Si parfois les excavations réalisées pour planter un arbre en ville ne révèlent que des gravats inutilisables, il n'est cependant pas rare que le sol en place présente des qualités suffisantes au prix de quelques améliorations simples. La composante minérale du sol est souvent adaptée, et un décompactage assorti d'apports améliorant la teneur en matière organique et la capacité de drainage suffisent à créer un substrat adapté. Conduire en début de projet des analyses pédologiques (voir para. 1.2.2) et solliciter les conseils d'un pédologue peuvent apporter des économies substantielles en permettant ainsi la réutilisation sur site des sols de déblai⁷⁷.

3.1.5 Drainage et accès à l'eau

Le manque d'eau limite à la fois la durée de vie et le rythme de croissance de l'arbre, mais son excès créé dans le sol des conditions **anaérobiques** (absence d'oxygène) mortelles aux racines (voir para. 3.1.3).

L'**espace d'enracinement** doit donc favoriser l'infiltration et la rétention de l'eau, tout en présentant des propriétés drainantes pour éviter toute accumulation excessive. A moins d'avoir bénéficié d'une attention spécifique lors des études de conception, les paysages et sols urbains sont éminemment dénués de ces trois propriétés.

Les paysages urbains sont très largement imperméabilisés et, en conséquence, peu d'eau pénètre dans les sols. Même lorsque de l'eau parvient à s'infiltrer et que les sols deviennent humides, le compactage limite la quantité d'eau réellement disponible pour l'arbre. En effet, plus les espaces interstitiels présents entre les particules minérales du sol (les macropores) sont petits, plus la tension superficielle maintenant l'eau en place est importante. De ce fait, dans des sols compactés, les racines ne parviennent pas à exploiter le peu d'eau éventuellement présent.

La juxtaposition de sols aux textures très différentes si caractéristique des zones urbaines nuit par ailleurs à la percolation uniforme de l'eau. Cette situation est exacerbée par :

- Le remblaiement du **trou de plantation** d'un jeune arbre au moyen d'une terre de très bonne qualité dont la texture et les propriétés diffèrent fortement de celles des sols environnants (voir para. 3.1.4 ci-dessus sur les avantages de la réutilisation des sols existants). La disparité des textures conduit à un « effet de tasse à café » : l'eau percole très bien dans le sol de remblai et s'accumule au fond du trou de plantation, générant des conditions anaérobiques autour de la motte.
- L'introduction de **géotextiles**, de membranes et autres barrières dans l'espace d'enracinement.

Pour assurer aux arbres urbains un bon accès à l'eau tout en réduisant les risques d'engorgement du substrat de plantation, il est recommandé :

- D'augmenter autant que possible la taille de l'**ouverture de surface** autour de l'arbre.
- De limiter les disparités de texture des sols susceptibles d'interférer avec la percolation de l'eau près des arbres.
- D'utiliser des revêtements perméables pour la finition des surfaces dures non utilisées par les véhicules (donc générant des eaux de ruissellement peu polluées) recouvrant l'espace d'enracinement et/ou d'inclure des rigoles dirigeant les eaux de pluie vers l'espace d'enracinement (voir para. 3.5).
- De saisir toutes les opportunités de créer des tranchées de plantation continues et/ou d'élargir l'espace d'enracinement sous les surfaces portantes avoisinantes au moyen



74

Voir paragraphe 10.2.8 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable

75

Voir paragraphe 10.2.2 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable

76

Voir paragraphes 10.2.5 à 10.2.6 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable

77

Voir paragraphe 6.3 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable



de systèmes d'enracinement adaptés (voir para. 3.2).

- De veiller à ce que l'arrosage soit facile et de contrôle aisé – comme le permettent des accessoires tels que les sacs d'arrosages visibles sur la photo ci-dessous. Comme la London Tree Officers Association (LTOA, l'association regroupant les gestionnaires d'arbres des boroughs du Grand Londres) l'a bien expliqué dans *Sustainable Water Management: Trees are part of the solution*⁷⁸, l'arrosage des jeunes arbres de voirie doit se poursuivre même en période de sécheresse et d'interdiction éventuelle d'arroser les jardins privatifs.
- De prendre en compte le microclimat local dans la sélection de l'essence et si possible de la provenance de l'arbre.
- De restreindre l'utilisation de géomembranes ou de géotextiles tissés très serrés aux situations où leur introduction constitue un impératif constructif réel. L'utilisation de ces produits peut entraver, outre l'infiltration de l'eau, l'échange gazeux et le développement du système racinaire en dehors du trou de plantation, ce qui limite également la capacité de l'arbre à exploiter les ressources en eau présentes dans le sol.

3.1.6 Protection du pied et du tronc de l'arbre

La santé et le rythme de croissance des arbres sont également affectés par les choix relatifs :

- Aux dimensions de l'ouverture de surface autour du collet de l'arbre.
- Au traitement du pied d'arbre.
- À la protection de l'écorce du jeune arbre des risques de blessures.
- À l'ancrage aidant à stabiliser le jeune arbre.

L'ouverture de surface en pied d'arbre

Le dimensionnement de l'ouverture de surface autour du pied de l'arbre est un facteur important pour l'infiltration de l'eau et l'aération du sous-sol. Lorsque la taille de cette ouverture doit être restreinte, il faut prévoir un dispositif d'aération. Quelles que soient les contraintes pesant sur les usages et l'accessibilité de l'espace entourant l'arbre, il est essentiel que l'ouverture puisse accueillir la croissance radiale du tronc (et être éventuellement élargie au fil du temps) sans causer de préjudice ni à l'arbre, ni aux surfaces adjacentes.

Traitement du pied d'arbre

Le traitement du pied d'arbre joue également un rôle important pour faciliter l'infiltration de l'eau, maintenir l'humidité des horizons supérieurs du sol et permettre les échanges gazeux entre l'atmosphère et le sol. Le traitement de l'entourage de l'arbre et des bordures éventuelles aide également à protéger le sol des risques de tassement liés au piétinement. La nature du site, l'usage qui en est fait et l'intensité de sa fréquentation sont les premiers critères de choix du traitement à appliquer au pied d'arbre. Coût et durée de vie des matériaux ainsi que les contraintes liées au nettoyage des rues sont aussi des considérations importantes. Un échantillon des principaux types d'entourage est présenté au paragraphe 2.6.2.

L'ancrage de l'arbre⁷⁹

Ce n'est qu'après quelques années qu'un arbre nouvellement planté développe des racines de stabilisation susceptibles de lui fournir un ancrage adéquat. Les jeunes arbres ont donc besoin d'un soutien tant qu'ils n'ont pas établi leur ancrage propre.

78

Publié en 2013 et disponible à : http://www.ltoa.org.uk/docs/Sustainable_Water_Management.pdf

79

Voir paragraphes 10.3.1 à 10.3.6 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable



Pruniers en fleur équipés de sac d'arrosage à Stockholm. Image : Björn Embrén



Un degré de mouvement continu stimule toutefois la croissance des racines et assure le développement d'un **système racinaire** fort, bien structuré, et bien ancré. Le soutien apporté ne doit donc pas inhiber les oscillations douces du tronc et de la **ramure**. Ce soutien peut être apporté au moyen :

- D'un tuteurage à l'aide d'un ou de plusieurs piquets de bois auxquels l'arbre est attaché par un lien souple ne risquant pas d'abîmer son écorce ou de l'étrangler dans sa croissance.
- D'un haubanage souterrain permettant d'ancrer la motte dans le sol. Ce type d'ancrage présente l'avantage d'être invisible une fois l'installation terminée. Toutefois, son installation requiert une main d'œuvre qualifiée et exige, pour être réellement efficace, l'utilisation de plants dotés d'une motte d'au moins 150 l de volume. Une fois en place, ce système n'a pas besoin d'être enlevé et peut rester dans le sol aussi longtemps que l'arbre.

Protéger le tronc des chocs et blessures⁸⁰

Maintenir l'intégrité de l'écorce du tronc et de la couche se trouvant juste sous l'écorce, appelée phloème, est essentiel à la survie de l'arbre. Le phloème est le tissu conducteur de sève et assure ainsi le transport jusqu'aux racines des nutriments produits grâce à la photosynthèse dans les feuilles. Sans cet apport en sève, les racines ne parviennent pas à survivre et cessent d'envoyer de l'eau et des minéraux vers les feuilles.

Comme l'écorce qui protège le phloème chez un jeune arbre est mince, il est essentiel que ce dernier fasse l'objet d'une manipulation soignée lors de sa livraison, de son stockage éventuel et de sa plantation (voir para. 4.6) – autant d'aspects qu'il est bon de refléter dans le cahier des charges et la documentation contractuelle employés avec des prestataires. Il est également utile d'informer le gestionnaire et son personnel d'entretien de l'importance de ne pas blesser l'écorce des arbres lors du maniement du matériel de nettoyage et de décider ensemble des mesures de protection éventuelles à apporter.

Dans les espaces restreints, très fréquentés et/ou nettoyés avec des machines, il est souvent préférable de protéger l'arbre des chocs et blessures, particulièrement lorsqu'il est jeune. La mise en place d'une protection temporaire telle que de la toile de jute, une natte de jonc ou de bambou, un manchon plastifié ou grillagé est alors généralement suffisante. Ces dispositifs sont pour l'essentiel peu coûteux et faciles à installer, enlever et réutiliser.

Dans les espaces publics accueillant des véhicules et/ou à vocation événementielle (marchés, foires, concerts, etc.) où les arbres sont plus vulnérables aux collisions et aux chocs, l'installation de protections de plus long terme est nécessaire. Plusieurs types de solutions sont alors possibles :

- Corsets métalliques : les modèles les plus étroits doivent impérativement être enlevés au bout de quelques années pour ne pas blesser l'arbre suite au grossissement du tronc. Les corsets ont aussi tendance à être utilisés comme poubelle et exigent donc un nettoyage régulier. Enlèvement et nettoyage du corset doivent impérativement être prévus dans le budget alloué aux soins culturels du jeune arbre.
- Bordures surélevées, barrières, rambardes et plots : offrent une solution plus permanente pour protéger les arbres des véhicules mais contribuent à encombrer l'espace et peuvent créer des risques de chute.
- Mobilier urbain tels que bancs et supports range-vélo : convenablement positionnés autour ou de chaque côté du **pied d'arbre**, ils offrent la solution la plus conviviale et économe en espace. Cependant, dans la plupart des cas, les éléments de mobilier employés ont une durée de vie inférieure à celle de l'arbre et il est donc préférable de choisir un dispositif facile à entretenir et remplacer sans endommager la **zone d'enracinement**.

Une sélection de dispositifs de protection sont illustrés pp. 96-97.

Les risques de dommages occasionnés par les chiens et toute autres formes de vandalisme (graffitis, bris de branche intentionnels, etc.) sont le plus souvent mieux gérés par le biais de campagnes d'éducation, de communication, de concertation, et de verbalisation comme l'explique la LTOA dans *Better Bark than Bite – Damage to trees by dogs*⁸¹.

3.1.7 Principes de base pour l'espace d'enracinement

Planter un arbre en ville exige de créer les conditions pour qu'il se développe sainement.

Dans certains cas, tels que dans bon nombre de quartiers résidentiels situés en périphérie des villes, les sols n'ont pas été extrêmement détériorés par le développement urbain et la compétition pour l'espace, qu'il soit aérien ou souterrain, est modérée. Dans ce type d'environnement, il est possible de planter un arbre d'alignement en créant simplement dans le sol l'espace nécessaire pour placer la **motte racinaire**, en remblayant avec la terre excavée et en prenant soin de prévoir les mesures de protection, d'arrosage et de **soins de parachèvement et confortement** qui s'imposent, tels que décrits dans les référentiels applicables (au Royaume-Uni, la norme BS 8545:2014).

Cependant, la plupart des arbres d'ornement sont plantés dans des conditions plus difficiles, exigeant une préparation de **l'espace d'enracinement** plus sophistiquée pour garantir à la fois la bonne santé de l'arbre et son intégration réussie avec les infrastructures qui l'entourent. Les contraintes



80

Voir paragraphes 10.3.11 à 10.3.13 de la norme BS 8545:2014 (Royaume-Uni), ou autre référentiel applicable

81

Disponible à : www.ltoa.org.uk/resources/dog-damage-to-trees



réclamant une approche plus complexe incluent les situations où :

- Les sols sont très détériorés, compactés et/ou présentent des problèmes de drainage.
- Aucun tassement des sols ne peut être toléré.
- Un revêtement dur portant doit être appliqué au-dessus de la motte.
- Une fréquentation piétonne et/ou cycliste moyenne à importante est à attendre au-dessus de l'espace d'enracinement.
- Des véhicules stationnés ou en mouvement sont à attendre au-dessus de l'espace d'enracinement.

- Des réseaux enterrés se trouvent à proximité (c'est-à-dire à moins de trois mètres) de l'espace d'enracinement.
- Il est attendu que l'arbre et son espace d'enracinement contribuent activement à la gestion des eaux de pluie.

Les paragraphes qui suivent offrent une gamme de solutions destinées à faciliter la gestion de ces contraintes sans compromettre ni les performances de l'arbre ni celles des infrastructures environnantes.



Dans ce quartier résidentiel d'Hackney dans l'est Londonien, les arbres ont été plantés sans recours à des techniques complexes, avec le concours actif des riverains (voir l'étude de cas p. 58 dans *Trees in the Townscape: A Guide for Decision Makers*). Image : Anne Jaluzot



Solutions pratiques
Exemples de
protection de l'arbre



Natte de bambou pour une protection temporaire légère sur une place de Lyon.
Image : Sue James



Manchon protecteur grillagé sur une rue résidentielle de Hackney, à Londres.



Images non créditées :
Anne Jaluzot

Natte de bambou et tuteurage quadripode à Lyon, là où une protection temporaire plus importante est requise. Image : Sue James



Corset métallique robuste dans une rue commerçante fréquentée à Hackney, dans Londres.





Des arceaux range-vélos montés sur les grilles d'arbres assurent la protection des arbres à Stockholm, en Suède.



Les bancs circulaires protégeant les arbres de la place du marché à Norwich sont très populaires.



Ce corset bas situé le long d'une piste cyclable à Stockholm en Suède peut également être utilisé comme range-vélo.



Un cadre en bois aux connotations champêtres protège temporairement un jeune arbre sur un boulevard parisien.



3.2 Assurer la portance

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Veiller à assurer un espace d'enracinement approprié, tel que décrit dans le référentiel applicable (au Royaume-Uni, la norme BS 8545:2014).	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Envisager le recours à un système d'enracinement portant pour la plantation d'un nouvel arbre ou autour d'un arbre existant. Passer en revue l'ensemble des grands types de systèmes disponibles, et anticiper les implications en matière de formation des équipes de chantier et d'ordonnancement des travaux.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre - Fournisseurs

Les besoins de résistance mécanique des surfaces sont directement opposés aux besoins de l'arbre :

- Les fondations des revêtements de surface doivent souvent être compactées à 95% de l'**optimum Proctor modifié (OPM)**, densité sèche maximale d'un sol granulaire) pour éviter toute déformation ou affaissement sous l'effet des charges supportées. Ces couches de fondations sont généralement constituées de matériaux granulaires facilement compactables et très drainants.
- Pour se développer sainement, les racines des arbres ont au contraire besoin d'un sol à faible densité apparente, bien aéré, doté de macropores de tailles variées pour stocker les ressources en eau sans être engorgé, tout en étant fertile.

Lorsque les surfaces dures qui entourent un arbre doivent être portantes, le recours à des techniques d'ingénierie de l'**espace d'enracinement** s'impose. Ces techniques existent depuis l'ère victorienne (*i.e.* depuis le milieu du XIX^e siècle). Par exemple, Percy J. Edwards⁸², ingénieur en chef du London County Council Improvement Committee (la Commission d'embellissement et de modernisation de Londres) qui a supervisé la plantation de Northumberland Avenue à Londres entre la Tamise et Trafalgar Square dans les années 1870, décrit son approche comme suit : « *Pour assurer le bien-être des arbres, des fosses ont été creusées et remplies de bonne terre végétale, et l'entourage des pieds d'arbres couverts d'une grille laissant l'eau et l'air entrer dans le sol tout en permettant à la surface de ce dernier de rester meuble et facile à ameubler. Les grilles d'arbres et la surface des trottoirs sont soutenues indépendamment des fosses de plantation au-dessus desquelles elles se trouvent par des poutres pour éviter tout affaissement du pavage ou durcissement du sol autour des racines des arbres* ».

Les solutions techniques aujourd'hui disponibles pour améliorer la capacité de portance des espaces d'enracinement peuvent être classées en trois grandes catégories :

- Les **substrats structuraux**.
- Les **systèmes à caissons**.
- Les **systèmes flottants**.

Ces techniques ne sont pas mutuellement exclusives. Un aperçu en est donné ci-dessous en mettant l'accent sur :

- Les principes de fonctionnement du système.
- Ses avantages.
- Ses inconvénients.
- Son champ d'application.
- Son coût.
- Quelques conseils pour réussir.

Il est important de solliciter les conseils d'un spécialiste pour choisir et définir les spécifications détaillées d'un système d'enracinement portant. Les informations présentées dans cet ouvrage ont vocation à faciliter le dialogue avec cet expert plutôt que de se substituer à ce dernier. Ces informations proviennent d'entretiens réalisés avec des utilisateurs des différentes solutions présentées et de l'examen des travaux de recherche publiés à ce jour sur leur efficacité. Il convient de souligner qu'à l'heure de la publication de ce guide, il n'existe pas de critères reconnus ou d'études comparatives abouties pour véritablement comparer les différents systèmes d'enracinement portants les uns aux autres. Les paragraphes qui suivent constituent une première tentative pour mener ce type d'analyse.

Les systèmes décrits incluent des techniques non brevetées ainsi qu'un ensemble de méthodes et produits patentés. Pour ces derniers, chaque fournisseur a ses propres spécifications de performance et offres de garanties. Ces éléments ne sont pas détaillés dans ce guide et sont à clarifier directement auprès du ou des fournisseurs, à la lumière des besoins et des contraintes du projet. Il est souhaitable d'examiner les propositions du ou des fournisseurs avec l'ingénieur et le spécialiste de l'arbre de l'équipe de projet pour s'assurer que les spécifications retenues sont adaptées aux conditions du site et aux objectifs de l'opération.

3.2.1 Substrats structuraux

Les principaux types de **substrats structuraux** sont les suivants :

- Les substrats à base de sable.
- Les **mélanges terre-pierre** « classiques ».
- Le mélange terre-pierre de Stockholm aussi appelé « **système de Stockholm** ».



82
Cité dans Lawrence H.W. (2008), *City Trees: A Historical Geography from the Renaissance through the Nineteenth Century*, University of Virginia Press, Virginia, pp. 242-243



Cette nomenclature est simplificatrice : il existe en réalité un large éventail de pratiques développées au gré des circonstances locales, et tout particulièrement des disponibilités en matières premières.

Les substrats à base de sable

Principe de fonctionnement

Les substrats d'enracinement portants à base de sable ont été développés aux Pays-Bas dans les années 70 en réponse au dépérissement observé parmi les arbres de l'agglomération d'Amsterdam suite à une remontée du niveau de la nappe phréatique créant des conditions **anaérobiques** dans les sols argileux locaux. Ce qui est par la suite devenu connu dans le monde anglo-saxon sous le nom de *Amsterdam Tree Soil* (ou « Mélange d'Amsterdam ») est composé à hauteur de c. 90% de sable de silice tamisé (particules de 0,22 mm de taille moyenne) enrichi de petites quantités de matières organiques (4-5% du poids total) et d'argile (4.2%) pour apporter des éléments nutritifs et améliorer la rétention de l'eau. Parmi les variations plus récentes de ce modèle, on compte notamment :

- Le « Mélange de Rotterdam » (*Rotterdam Tree Soil*), développé il y a environ 20 ans au moyen d'un sable de silice plus grossier (0,75 mm) pour obtenir des macropores plus importants et une meilleure aération du substrat une fois compacté.
- Des mélanges utilisant des particules encore plus grossières fabriquées à partir de matériaux recyclés tels que le verre lavé et broyé à 1-2 mm de granulométrie et de la tourbe de coco (*coir pith*, en anglais) qui améliore les capacités de rétention en eau et apporte de la matière organique.

Les matériaux sont mélangés puis installés en couches, chacune compactée à la densité requise. La profondeur totale de l'installation est limitée à 800 mm car au-delà, l'aération nécessaire à la croissance des racines est insuffisante. L'installation d'un système d'aération autour de la **motte racinaire** ou au fond du **trou de plantation** est recommandée (voir les conseils pour réussir).

Avantages

- Une expérience de mise en œuvre sur une relative longue durée (plus de 40 ans) permet un recul et une bonne compréhension des impacts à long terme, des inconvénients et des mesures correctrices⁸³ efficaces.
- Existence de substrats brevetés et de techniques non brevetées.
- Adapté aux besoins de portance des espaces accueillants piétons et cyclistes où un tassement minimal est acceptable.
- Compaction possible jusqu'à 80% de l'**OPM** sans restreindre la croissance des racines. Un taux de compactage plus élevé peut être obtenu (jusqu'à 95% de l'**OPM**) sous réserve de bien observer les protocoles d'installation (voir les conseils pour réussir), toutefois l'efficacité du mélange comme substrat d'enracinement s'en trouve réduite.
- Peu onéreux.

Inconvénients

- La faible capacité de rétention d'eau du substrat induit un risque de stress hydrique important à moins qu'un apport régulier en eau puisse avoir lieu tout au long de la **saison de croissance** par infiltration des eaux de pluie, par remontée capillaire des eaux contenues dans le sol, ou encore grâce à un système d'irrigation automatique.
- Le risque d'acidité des sols (pH faible) lié à la nature de l'apport en matière organique (voir les conseils pour réussir) peut limiter le choix d'essence.
- Impossibilité de réutiliser les sols existants, ce qui peut générer un surcoût pour leur transport et retraitement.
- Substrat inadapté pour une compaction égale ou supérieure à 3 MPa car la croissance des racines est alors entièrement empêchée.
- Une supervision technique attentive est nécessaire pour définir des spécifications appropriées et veiller à leur respect sur le chantier (voir les conseils pour réussir).

Champ d'application

- Dans les secteurs dotés d'une nappe phréatique haute susceptible d'assurer un approvisionnement en eau par remontées capillaires durant la saison de croissance, ou bien
- Combinés à l'utilisation de revêtements durs perméables assurant des apports réguliers en eau durant la saison de croissance ; et
- Sous les pistes cyclables, trottoirs et autres surfaces dures soumises à un trafic faible à modéré, ou bien
- En association avec les **systèmes flottants** (voir 3.2.3) pour améliorer la portance du substrat sans nuire au développement du **système racinaire** des arbres.

Coût

Les substrats à base de sable sont relativement peu onéreux à l'achat et à l'installation. Toutefois, les coûts d'investissement et de maintenance augmentent si un système d'irrigation automatique doit y être associé.

Conseils pour réussir

- Veiller à bien spécifier la taille granulométrique du sable : l'efficacité des substrats à base de sable exige que c. 80% des grains de sable aient le diamètre spécifié ou présentent une distribution très étroite autour de cette valeur. Si ce principe d'homogénéité n'est pas respecté, le compactage induit la disparition des macropores nécessaires à la bonne aération du substrat et au développement des racines. Il est essentiel de procéder à une vérification de la qualité de la distribution granulométrique du sable lors de sa livraison.
- Prêter attention à l'âge et à la nature de la matière organique employée dans le mélange : le compostage des déchets alimentaires ménagers produit un compost acide, gros consommateur d'oxygène

83

Couenberg, E. (1998), « Urban tree soil and tree pit design », Neely, D. et Watson, G.W. (éd.) *The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*, International Society of Arboriculture, Champaign, Illinois



et producteur de méthane durant ses premières années de maturation. Si un compost déjà mature et stable ne peut être employé, il est alors indispensable d'investir dans un système d'aération performant installé autour de la **motte racinaire** ou au fond du **trou de plantation**.

- Surveiller la teneur en eau du substrat lors de son installation : la teneur en eau du mélange lorsqu'il est appliqué ne doit pas être supérieure à 8%. Le camion assurant la livraison du substrat doit donc être couvert, et l'installation ne doit pas avoir lieu par temps de pluie. S'il y a de l'eau stagnante dans le trou de plantation au moment de l'installation, une couche de sable drainant doit être appliquée avant l'installation du substrat de plantation à base de sable.
- Respecter scrupuleusement le protocole d'application et de compactage par couches successives : le mélange est à appliquer par couches d'environ 300 mm et chaque couche nécessite un compactage avec une pilonneuse plutôt qu'une plaque vibrante qui risque de former une croûte imperméable indésirable.
- Attention aux **géotextiles** : si les racines de l'arbre doivent pouvoir croître au-delà de la zone où le substrat à base de sable est présent, alors l'usage d'un géotextile autour de l'installation est à proscrire.

Mélanges terre-pierre

Principe de fonctionnement

Les mélanges terre-pierre utilisent une matrice à base de pierres anguleuses faciles à compacter (jusqu'à 95% de l'OPM). Une fois compactée, cette matrice est dotée de très bonnes propriétés de résistance mécanique tout en offrant un riche réseau de vides interstitiels pour l'aération, l'intégration de matière organique et le développement des racines.

Il existe de nombreuses versions de ce type de substrat, dont certaines brevetées. Les principales variables susceptibles d'être manipulées sont les suivantes :

- La proportion relative de pierres et de terre : selon le calibre des pierres employées (25-35 mm ou 50-100 mm), le mélange comprend entre 20% et 35% de terre.
- Le type de pierre employé (un agrégat poreux ou une roche dense comme le granit) : en règle générale, plus la capacité d'absorption en eau de l'agrégat employé est importante, plus ses propriétés de résistance mécanique sont faibles.
- La composition de l'élément « terre » ajouté à cette matrice de pierres : certains mélanges combinent argile, sable et compost, tandis que d'autres n'utilisent que de l'argile.
- L'utilisation d'ingrédients complémentaires, tel qu'un agent poisseux comme l'hydrogel ou un agent de stabilisation.

Solutions pratiques

Procédé d'installation des substrats portants à base de sable



Excavation réalisée et système d'aération en place.



Application en couches de 30 cm du substrat constitué de matériaux recyclés et compactage de chaque couche à l'aide d'une pilonneuse.



Une fois les arbres plantés, mise en place d'un géotextile au-dessus du substrat d'enracinement avant la réalisation des couches de fondation du revêtement de surface.



Projet terminé (situé aux Pays-Bas).

Images :
Joris Voeten





84

Cette étude comparative a été initiée en 2004 au Bartlett Tree Laboratory de Charlotte en Caroline du Nord aux États-Unis et se poursuit aujourd'hui. Les premiers résultats sont disponibles dans cet article : Smiley, E.T. et autres (2006), « Comparison of Structural and Noncompacted Soils for Trees Surrounded by Pavement », *Arboriculture & Urban Forestry*. 32(4):164-169. Des résultats plus récents sont disponibles à : <http://www.deeproot.com/blog/blog-entries/suspended-pavement-study-at-the-bartlett-tree-lab-year-9>
Voir également : Bühler, O. (2007), *Below the Surface: In-depth Investigation of Tree Development, Root Growth, and Soil Conditions in Structural Soils in Copenhagen, Denmark*, University of Copenhagen, Copenhagen

Avantages

- Une expérience de mise en œuvre de plus de 20 ans a permis la réalisation d'essais mesurant l'impact des substrats en terre végétale, à base de sable et en **mélange terre-pierre** sur la croissance des arbres⁸⁴.
- Existence de substrats brevetés et de techniques non brevetées.
- Adapté aux besoins de portance des espaces accueillant piétons, cyclistes et véhicules légers là où aucun tassement ne peut être toléré.
- Compaction possible jusqu'à 95% de l'OPM.
- Intégration possible à un dispositif de **gestion alternative des eaux de pluie**.

Inconvénients

- Vulnérabilité accrue des arbres aux épisodes de sécheresse : les mélanges terre-pierre n'ont pas les mêmes propriétés de rétention d'eau qu'un sol en terre végétal. Ce paramètre est à considérer dans le choix des essences et la stratégie de drainage.
- Certains types de pierres sont susceptibles d'affecter le pH du substrat. Ce paramètre est également à prendre en compte dans le choix des essences.
- La préparation et la manutention de ce type de substrat exigent des compétences et une supervision attentive (voir conseils pour réussir).
- Le coût du substrat dépend de la disponibilité locale en pierre.
- Impossibilité de réutiliser les sols existants, ce qui peut générer un surcoût pour leur transport et retraitement.

Champ d'application

- En tranchée continue sous les trottoirs, aires de stationnement et autres espaces durs accueillant une forte circulation piétonne, des deux-roues et/ou des véhicules légers ; ou bien
- Combiné à l'utilisation de revêtements perméables pour faciliter la gestion des eaux de pluie ; ou bien
- Dans les espaces très contraints, aux dimensions étroites et irrégulières, pour établir des liaisons avec des zones adjacentes de sols meubles et élargir ainsi l'**espace d'enracinement**.

Coût

Les mélanges terre-pierre sont peu à moyennement onéreux à l'achat et à l'installation.

Conseils pour réussir

- La qualité de la supervision technique pour la rédaction des spécifications et leur respect sur le chantier est déterminante. Bien former le chef de chantier constitue donc une étape incontournable. Un contrôle étroit doit être exercé pour que les conseils présentés ci-dessous soient pris en compte dans les spécifications et que celles-ci soient respectées du début à la fin des travaux.
- Les pierres employées dans le mélange doivent être anguleuses et de calibre uniforme. De même que pour les substrats

à base de sable, ce paramètre doit faire l'objet de spécifications claires et de vérifications lors de la livraison des matériaux.

- Préférer une matrice de pierres d'au moins 50 mm de calibre pour faciliter l'intégration d'une plus grande proportion de terre (i.e. 30%) au mélange tout en ménageant des cavités plus larges pour la croissance des racines et l'aération.
- Veiller à ce que la composition de l'élément « terre » du mélange corresponde bien elle aussi aux spécifications. Le taux d'humidité est à surveiller, car une humidité excessive peut entraîner la création d'une croûte imperméable lors de l'emploi d'une plaque vibrante pour le compactage.
- Si le mélange n'est pas effectué sur le chantier, il est essentiel qu'il soit protégé du soleil et des intempéries tout au long de son trajet jusqu'au site d'installation et qu'il fasse l'objet d'une inspection à la livraison pour vérifier que terre et pierres ne se sont pas trouvées séparées.
- Suivant ses caractéristiques, le mélange doit être appliqué et compacté par couches de 150 à 300 mm d'épaisseur.
- Le fond du trou créé pour recevoir le mélange doit être compacté. Il est souhaitable d'y placer un drain pour évacuer l'excès d'eau.
- Le choix d'essence doit prendre en compte l'impact de la matrice de pierre sur le pH du sol. Par exemple, l'emploi d'une pierre calcaire est susceptible d'engendrer des conditions relativement alcalines, avec un pH d'environ 7.8 à 8.2 tandis qu'une matrice en granite, telle que celle utilisée à Stockholm, est moins susceptible d'affecter le pH.

Le mélange terre-pierre de Stockholm (ou système de Stockholm)

Principe de fonctionnement

« Qu'est-ce que le système de Stockholm ? Un substrat d'enracinement fondé sur une matrice de pierres de gros calibre où nous infiltrons les eaux de ruissellement des surfaces environnantes et veillons à ce que l'échange gazeux fonctionne très bien. Exercer un contrôle étroit sur les conditions d'exécution constitue un facteur de réussite déterminant ».

Björn Embrén, gestionnaire du patrimoine arboré de voirie de la Ville de Stockholm





85

Disponible à :
http://offlinehbpl.hbpl.co.uk/NewsAttachments/WOH/100322%20GH_HB%20STHLM%20-%20Engelsk%20version.pdf

Le **système de Stockholm** trouve son inspiration dans les remblais des voies ferrées où l'accumulation d'une faible quantité de matière organique en une quinzaine d'années suffit au développement d'arbres vigoureux. Le système est conçu pour privilégier la qualité de l'échange gazeux et la présence d'une matrice très riche en cavités plutôt que l'apport en terre. Les observations conduites sur les multiples plantations effectuées avec le système de Stockholm suggèrent que le phénomène naturel de décomposition des racines fibreuses (très abondantes dans un substrat bien aéré) combiné à l'apport en minéraux assuré par les eaux de ruissellement suffisent à satisfaire les besoins nutritifs de l'arbre.

Le système se compose de deux entités principales : une vaste base constituée d'une matrice de grosses pierres anguleuses (granit, blocs de béton recyclé, etc. de 100 à 150 mm de calibre), surmontée d'une couche dite « d'aération » à base de pierres sèches plus petites (granit lavé de 63 à 90 mm de calibre). La terre est introduite uniquement dans la base (donc avant l'installation de la couche d'aération) au moyen d'un jet d'eau sous pression, une fois la matrice de grosses pierres installée et compactée. La terre employée inclut un engrais à libération lente pour soutenir la croissance de l'arbre durant les deux premières saisons de croissance. Le revêtement de surface et ses couches de fondation sont installés sur un **géotextile** reposant directement sur la couche d'aération. Ce géotextile a pour fonction d'éviter que des particules fines des couches de fondation ne pénètrent et ne bouchent la couche d'aération.

La couche d'aération est connectée à la surface au moyen de puits placés à intervalles réguliers assurant, outre l'échange gazeux entre l'atmosphère et le sous-sol, la collecte des eaux de ruissellement. Ces puits sont couverts en surface d'une grille en fonte comparable à celle des égouts et équipés de pièges à sable pour permettre un nettoyage périodique. Le bon fonctionnement de l'aération est facilité par la différence de température entre l'atmosphère et le sol. L'apport en eaux de ruissellement joue aussi sur ce plan un rôle important en poussant les gaz présents dans le sol, notamment le CO₂ dont l'accumulation est susceptible d'empoisonner les racines, à s'échapper par les puits. La couche d'aération facilite également une rétention de l'humidité pendant la saison chaude par condensation sur les pierres.

Les dernières évolutions du système de Stockholm intègrent du **biochar** (charbon à usage agricole) qui améliore les capacités de rétention d'eau du système et lui confère des propriétés filtrantes intéressantes tout en faisant de l'ensemble un puits de carbone.

Une section du profil constructif typique du système de Stockholm est disponible p. 106. Pour tout complément d'information, se reporter au *Stockholm Handbook*, le guide d'installation publié par la ville de Stockholm⁸⁵.

Avantages

- Les arbres nouvellement plantés ou existants autour desquels le **système de Stockholm** est employé présentent des taux de croissance élevés, mais les mesures ne sont effectuées que depuis dix ans.
- Système non breveté.
- Excellentes propriétés de résistance mécanique, y compris pour les forces latérales et les chargements associés aux véhicules lourds (camions, bus, etc.). En 2012, VTI (l'Institut national suédois de recherche sur la route et les transports) a testé puis certifié l'usage du système de Stockholm comme technique de fondation pour la réalisation de chaussées.
- Mobilise des techniques semblables à celles employées pour la construction des routes, et donc relativement faciles à mettre en œuvre par les entreprises de travaux publics.
- Conçu pour recevoir les eaux de ruissellement des surfaces avoisinantes.
- Possibilité d'installer ce mélange autour d'un arbre, même mature, déjà en place.

Inconvénients

- Le système n'existe que depuis dix ans, et remet en cause des principes tenus pour « acquis » sur l'importance de l'apport en terre. Les résultats observés en Suède (voir les études de cas n°20 p. 126 et n°26 p. 131 à titre d'exemples) et aux États-Unis (voir l'étude de cas n°4 p. 32) sont bons, mais un suivi de plus long terme est nécessaire.
- Les coûts d'installation sont élevés. Ceci est largement dû au temps nécessaire pour introduire la terre dans la matrice de grosses pierres constituant la base du système.
- Impossibilité de réutiliser les sols existants, ce qui peut générer un surcoût pour leur transport et retraitement.

Champ d'application

- Sous les surfaces dures devant présenter des capacités de portance importantes et pouvant accueillir une construction en tranchée continue – par exemple sur une place de marché, ou le long d'une rue aux trottoirs étroits où l'**espace d'enracinement** doit être étendu sous la chaussée ; ou bien
- Autour d'arbres dignes d'être conservés et montrant des signes prématurés de déclin et situés dans un contexte minéral devant le rester ; ou bien
- Dans les contextes urbains où l'on souhaite à la fois introduire des arbres et réduire la quantité d'eau de ruissellement entrant dans les réseaux.



Coût

Le système de Stockholm est onéreux à installer.

Conseils pour réussir

- Le système de Stockholm n'est pas complexe sur un plan technique, mais son installation exige de la rigueur. Comme pour les mélanges terre-pierre classiques, le contrôle de la qualité des spécifications et de leur application sur le chantier est déterminant. Bien former le chef de chantier constitue une étape incontournable. Un contrôle étroit doit être exercé pour que les conseils présentés ci-dessous soient pris en compte dans les spécifications et que celles-ci soient respectées du début à la fin des travaux.
- Lors de la conception du projet, les besoins en eau de l'arbre pendant la saison de croissance doivent être correctement estimés de même que la surface nécessaire à la collecte des eaux de ruissellement destinées à satisfaire ce besoin. Un examen des propriétés drainantes des sols existants est à pratiquer pour déterminer si des adaptations doivent être apportées au système (voir l'étude de cas n°4 p. 32) et si un drain raccordé à l'égout doit être prévu.
- Lors de la rédaction des spécifications, une grande attention doit être accordée au calibre des fractions de pierres employées. Comme pour les substrats à base de sable ou les mélanges terre-pierre classiques, l'agrégat employé doit impérativement être de taille homogène et faire l'objet de vérifications lors de la livraison des matériaux sur le chantier.
- La terre utilisée ne doit pas avoir une teneur en argile ou en matière organique trop élevée pour éviter les difficultés au moment de son intégration à la base du système au moyen d'un jet d'eau sous pression. La Ville de Stockholm limite la teneur en particules fines (inférieures à 0,02 mm de diamètre) au maximum à 8% du volume, tandis que la matière organique représente entre 2% et 4%. Initialement, la Ville n'intégrait de la matière organique dans la terre employée que sur les derniers 400 mm de la partie supérieure de la base. L'expérience a toutefois montré que le système d'aération était suffisamment efficace pour que de la matière organique soit présente sur tout le profil de la base.
- La terre et les pierres constituant la base ne doivent pas être pré-mélangées. Les pierres sont à installer en premier, puis compactées avant l'introduction de la terre au moyen d'un jet d'eau sous pression. Ce procédé est à mettre en œuvre par couches successives de 300 mm de pierres.
- La membrane de séparation (géotextile) est à placer au-dessus de la couche d'aération, pour la protéger de la couche de fondation du revêtement de surface. En revanche il ne faut introduire aucun géotextile ou toute autre membrane entre la couche d'aération et la base du substrat ce qui rendrait la couche d'aération inopérante.



La promenade ombragée du South Bank à Londres. Image : Sue James



Solutions pratiques
Procédé d'installation
du système de
Stockholm pour
un arbre existant



Les excavations commencent sur Kornhamnstorg une place au cœur de Stockholm, où les tilleuls montrent des signes précoces de dépérissement.



De grosses pierres sont placées dans la tranchée continue réalisée autour des tilleuls puis compactées.



Les racines ont été mises à nu à l'aide d'une lance à air pour éviter de les blesser.



Une terre de qualité est placée autour des mottes. Remarquer les déformations des systèmes racinaires liées aux mauvaises conditions de plantation initiale.



Les mottes sont protégées et irriguées (noter les sacs d'arrosage verts autour de chaque tronc) tandis que la terre est introduite dans la matrice de pierres.



Dès le printemps, les tilleuls ont repris de la vigueur. Noter derrière le vélo la présence discrète d'une bouche couvrant un puits pour l'eau de pluie et l'aération.

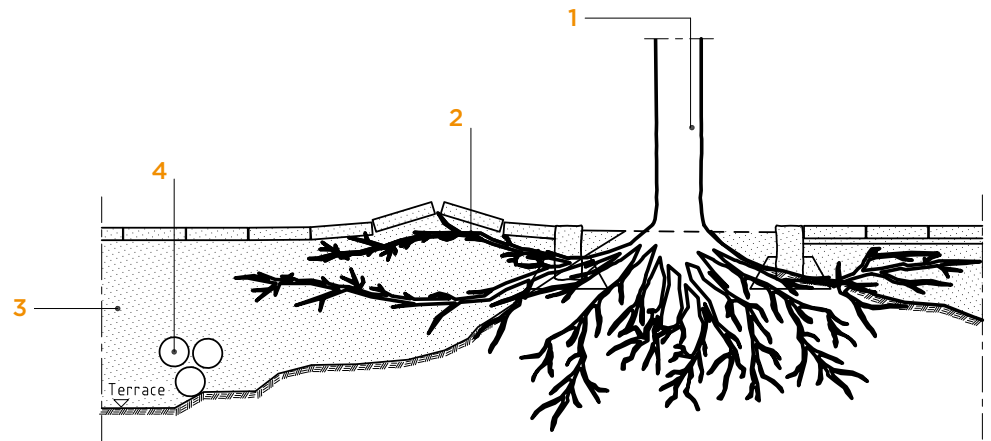


La couche d'aération constituée de pierres sèches est en place et intègre un puits. La bouche appelée à couvrir ce puits sera à niveau avec le pavage de surface.

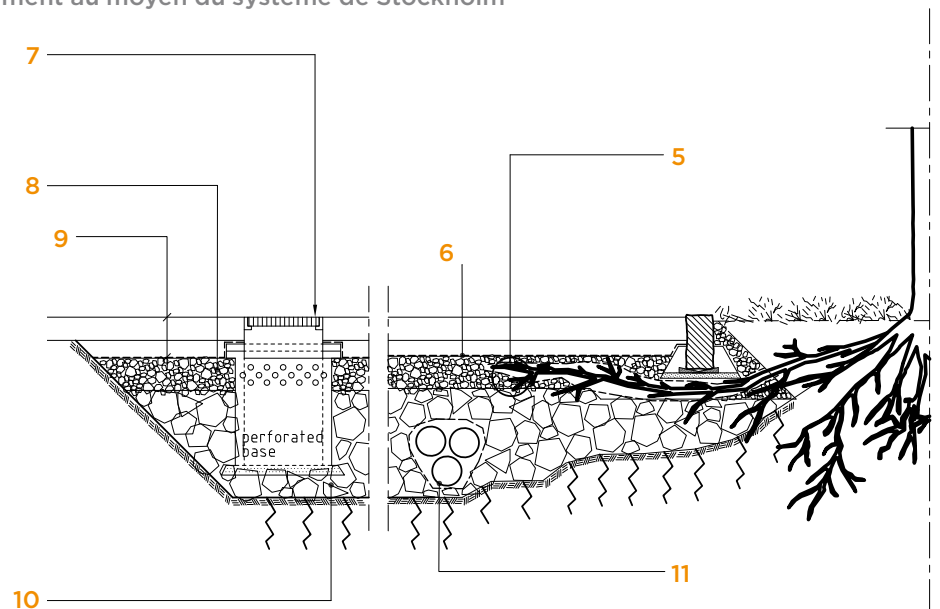
Images :
Björn Embrén



Section d'une situation problématique typique autour d'un arbre mature avant excavation



Nouveau profil constructif après reprise de l'espace d'enracinement au moyen du système de Stockholm



- | | |
|--|---|
| 1. Arbre mature | 6. Géotextile |
| 2. Excavation à la lance à air dans un rayon de 2 à 3 m autour de l'arbre | 7. Puits pour l'échange gazeux et l'approvisionnement en eau de pluie |
| 3. Excavation mécanique sur 1 m de profondeur | 8. Couche d'aération |
| 4. Réseaux enterrés existants | 9. Revêtement de surface et ses couches de fondation |
| 5. Élagage partiel et protection des racines :
- Grosses racines protégées par des pierres de 32 à 90 mm de calibre
- Autres racines protégées par des graviers de 4 à 8 mm de calibre | 10. Mélange terre-pierre |
| | 11. Les réseaux sont intégrés enveloppés dans un géotextile |

Sections typiques pour la reprise de l'espace d'enracinement d'un arbre mature extraites de l'édition 2009 du *Stockholm Handbook*. Contrairement à l'exemple présenté à gauche, le projet illustré ci-dessus a pour origine des problèmes de déformation de surface causés par les racines. Image : Municipalité de Stockholm



Solutions pratiques

Procédé d'installation
du système de
Stockholm pour
un nouvel arbre



Positionnement, sur la première couche de grosses pierres compactées, du cadre en béton supportant la grille de pied d'arbre et protégeant la motte des fondations du revêtement de surface.



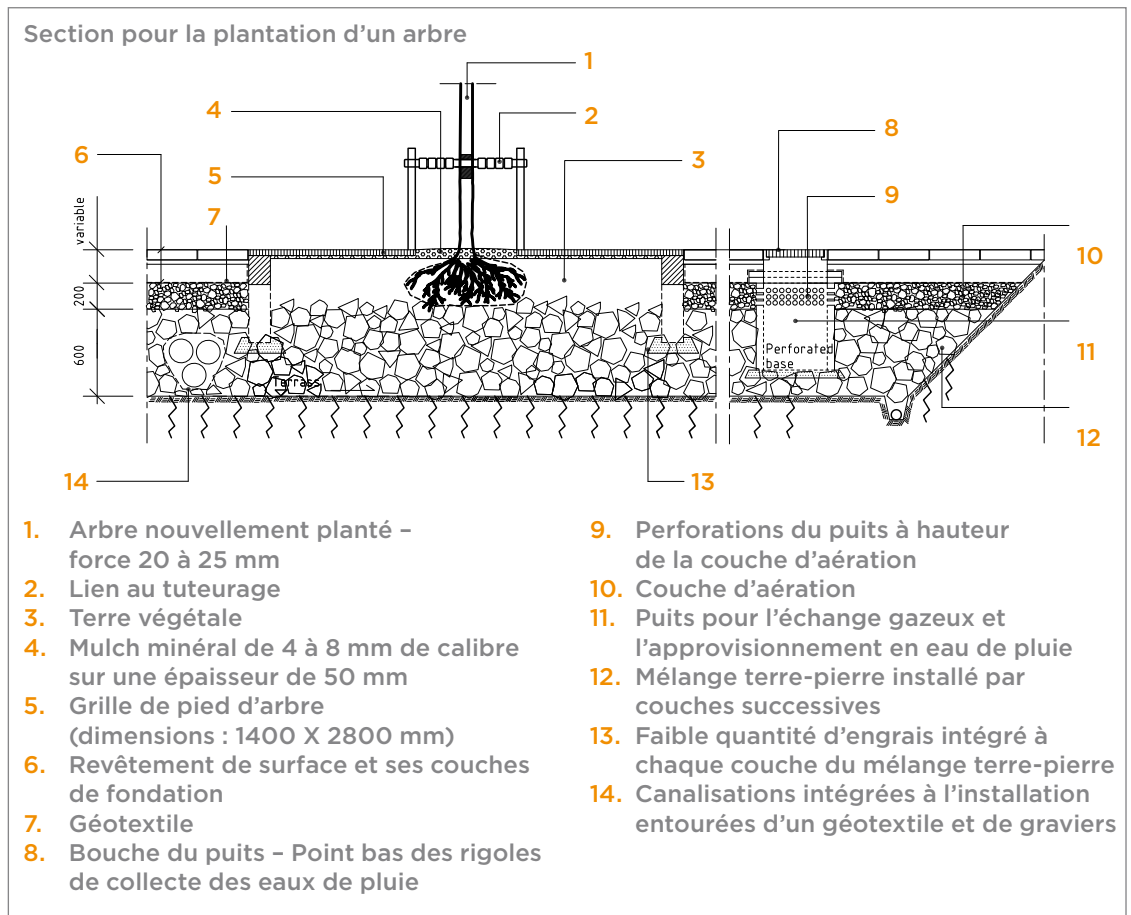
La terre a été intégrée à la première couche de grosses pierres compactées et une seconde couche de grosses pierres est en cours d'installation.



La seconde couche est achevée. Les réseaux sont intégrés, entourés d'un géotextile.



La couche d'aération a été installée (on la devine au tout premier plan) et couverte d'un géotextile. Par-dessus, les fondations du revêtement de surface sont maintenant en cours de construction.



3.2.2

Systèmes à caissons

Contrairement aux **substrats structuraux** qui comprennent des techniques brevetées et non-brevetées, les **systèmes à caissons** sont tous des produits patentés. Leur installation exige l'intervention de prestataires spécialisés. Chaque fabricant a ses propres spécifications de performances et offres de garantie.

Principe de fonctionnement

Ces systèmes sont constitués de caissons ou modules en plastique (polymères renforcés à la fibre de verre) ou en béton positionnés les uns contre les autres dans l'**espace d'enracinement** destiné à un nouvel arbre. Les caissons ainsi assemblés forment une structure portante dont l'intérieur est rempli de terre végétale non-compactée. La plupart des modèles actuellement disponibles sur le marché peuvent être empilés sur deux à trois niveaux de profondeur pour obtenir le volume d'enracinement souhaité. Le revêtement dur de surface et ses couches de fondation sont installés sur un **géotextile** recouvrant la matrice de caissons. Cette matrice est équipée d'un système d'aération pour assurer un échange gazeux efficace entre l'atmosphère et le substrat d'enracinement.

Le fond de la tranchée destinée à accueillir les caissons est tapissé d'une couche d'agrégats compactés et équipé d'un drain. Une membrane de type **géogrille** entoure les flancs de la matrice de caissons une fois celle-ci assemblée. Ce dispositif aide à les maintenir en place ainsi que leur contenu tout en évitant la contamination de ce dernier par les couches de fondation du revêtement de surface (ce qui aurait aussi pour effet d'affaiblir les bords de ce même revêtement). La capacité de portance des surfaces réalisées sur un **système à caissons** et la longévité de l'installation dépendent du matériau dont les caissons sont constitués, et des spécifications retenues pour leur installation.

Avantages

- La matrice de caissons n'utilise qu'environ 10% du volume d'enracinement, les 90% restant étant remplis de terre végétale (ces proportions varient en fonction du modèle de caisson employé).
- Bonne capacité de portance pour le trafic de piétons, deux-roues et véhicules légers à faible vitesse (parkings). Les caissons en béton ainsi que certains caissons en polymères offrent une capacité de portance plus importante.
- Possibilité d'utiliser le système pour la gestion des eaux de pluie.
- Possibilité de réutiliser une partie des sols existants s'ils sont de qualité suffisante et sous réserve de conduire une analyse détaillée pour déterminer les amendements à apporter.

Inconvénients

- De même que le **système de Stockholm** et les **systèmes flottants**, les caissons en polymère sont une invention d'une dizaine d'années. Si de bons résultats ont été observés jusqu'à présent, aucune donnée n'est disponible sur la façon dont les matrices résistent dans le temps. Les modules en béton sont utilisés depuis plus longtemps (40 ans) et obtiennent de bons résultats.
- Tous les modèles de caissons ne sont pas conçus pour pouvoir être facilement ouverts ou démontés une fois installés. Les caissons constitués d'une armature interne complexe sont inévitablement voués à se trouver enchevêtrés de racines. Ce type de produit est inadapté aux situations où des réseaux devant demeurer accessibles traversent la **zone d'enracinement**. Il est impératif dans ce contexte de vérifier auprès des fabricants les modalités de démontage-remontage de leurs produits.
- La capacité du système à s'adapter aux contraintes d'espace (tranchée étroite, de forme irrégulière, etc.) est limitée par les dimensions des caissons.
- L'installation requiert l'intervention d'un spécialiste.

Champ d'application

- Sous les surfaces dures nécessitant une capacité de portance importante : places, rues aux trottoirs étroits où l'**espace d'enracinement** doit être étendu sous la bande de stationnement, parkings ; ou bien
- Pour établir une ou des liaisons avec une ou des zone(s) adjacente(s) de sols meubles et élargir ainsi l'espace d'enracinement ; ou bien
- Dans les contextes urbains où l'on souhaite à la fois introduire des arbres et réduire la quantité d'eau de ruissellement entrant dans les réseaux.

Coût

Les **systèmes à caissons** sont onéreux à l'achat et à l'installation.

Conseils pour réussir

- Si le système est utilisé pour la gestion des eaux de pluie, veiller à dimensionner l'installation de manière à maintenir un ratio sol - eau approprié.
- Là où des réseaux sont présents, veiller à choisir un modèle de caissons permettant un accès aisé aux infrastructures enterrées.
- Le gainage des réseaux enterrés et l'introduction de chambres d'inspection à intervalles réguliers évite, lorsqu'un problème survient, d'avoir à déterrer l'ensemble de l'infrastructure concernée.



Solutions pratiques
Procédé d'installation
des systèmes à
caissons

Deux images
ci-dessus :
Martin Gammie



Positionnement des caissons entourés d'une géogrille. La canalisation d'eau est intégrée à l'installation (voir étude de cas n°9 p. 38).



Remplissage des caissons avec de la terre végétale.

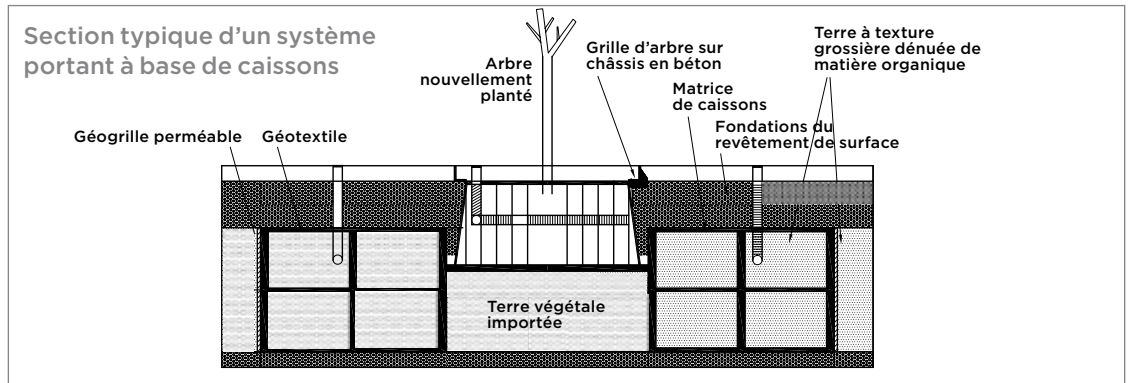


Image : Monson et DeepRoot



Les travaux d'excavation commencent sur Ocean Road (voir étude de cas n°2 p. 30).



Compaction du fond de la tranchée et positionnement des caissons.



La matrice de caissons est remplie de terre. Noter la présence dans la matrice des tubes servant à l'aération et l'irrigation.



Plantation de l'arbre.

Quatre images
ci-dessus : South
Tyneside Council





Positionnement des caissons en béton sur des îlots préalablement terrassés et compactés sur la place de la Gare à Apeldoorn (voir étude de cas n°24 p. 129).



Assemblage de la structure cellulaire entourant un îlot.



Cet îlot est prêt à être rempli de terre.



Îlots remplis de terre et couverts d'un géotextile.



Des couvercles sont placés temporairement pour protéger les trous destinés à accueillir les arbres.

Images :
Ron van Raam



3.2.3

Systèmes flottants

Principe de fonctionnement

Les **systèmes flottants** sont constitués d'un matelas placé entre le substrat d'enracinement d'une part et le revêtement de surface et ses éventuelles couches de fondation d'autre part. Le rôle de ce matelas est de répartir la charge sur l'ensemble de sa largeur, et ce faisant de réduire les risques de compaction pour le substrat sous-jacent. Le matelas sert également à protéger le revêtement de surface de toute déformation liée au développement de grosses racines latérales superficielles. Le matelas aide enfin également à l'aération du substrat d'enracinement, car il introduit une couche d'air au-dessus de celui-ci. Comme les **systèmes à caissons**, les systèmes flottants sont exclusivement constitués de produits patentés. Chaque fabricant a ses propres spécifications de performances et offres de garantie.

Il existe deux grands types de systèmes flottants :

- Les matelas alvéolaires (également parfois appelés matelas anti-compaction, matelas géocellulaires ou systèmes de confinement cellulaire) qui sont placés sur la **zone de protection des racines** et fixés au sol. Ce type de matelas est utilisé comme dispositif de protection temporaire ou permanente.
- Les caissons minces (80-150 mm de hauteur) assemblés pour former un tapis. Ce type de système est plutôt employé comme une solution permanente. L'intérieur des caissons est partiellement rempli de terre assurant un apport supplémentaire en éléments nutritifs avec l'infiltration de l'eau.

Avantages

- Bonne capacité de portance pour le trafic de piétons et de deux-roues. Certains produits sont également adaptés aux parkings de véhicules légers (voitures).
- Facilite l'aération et augmente les capacités

de portance des substrats à base de sable (voir para. 3.2.1).

- Possibilité d'utiliser le système pour la gestion des eaux de pluie.
- Possibilité d'installer ce mélange autour d'un arbre déjà en place, même mature, sans avoir à mettre à nu son **système racinaire**.

Inconvénients

- Concernant les caissons minces utilisés en tapis : si de bons résultats ont été observés jusqu'à présent, aucune donnée n'est disponible sur leur impact et leur longévité sur le long terme.
- Concernant les matelas alvéolaires : ces systèmes sont utilisés depuis plus longtemps que les tapis de caissons minces, mais leur capacité de portance est moindre.
- Maintenir l'accès aux réseaux enterrés engendre un coût supplémentaire : les caissons peuvent être fabriqués avec couvercle amovible, mais cette option augmente considérablement le coût unitaire. Découper des ouvertures dans une installation en place est possible mais risque de compromettre la résistance mécanique de l'ensemble. Le démontage et remontage complet de l'installation est la seule véritable alternative à l'emploi de caissons à couvercle amovible.

Champ d'application

- Sous les places, les pistes cyclables et les trottoirs à trafic piétonnier moyen à important ; ou bien
- Sous les parkings (seuls certains types de **systèmes flottants** sont adaptés à cet usage).

Coût

Les **systèmes flottants** sont peu à moyennement onéreux à l'achat et à l'installation.

Conseils pour réussir

- Anticiper les besoins futurs éventuels d'accès aux réseaux enterrés.



Arbres neuf ans après leur plantation en 2004 dans un système à caissons près de la Cathédrale Saint-Paul à Londres. Image : GreenBlue Urban



Solutions pratiques
Procédé d'installation
d'un système flottant



Mise en place de la couche de drainage et du système de haubanage des mottes (voir l'étude de cas n°2 p. 30).



Pose d'un géotextile à vocation de barrière anti-racines.

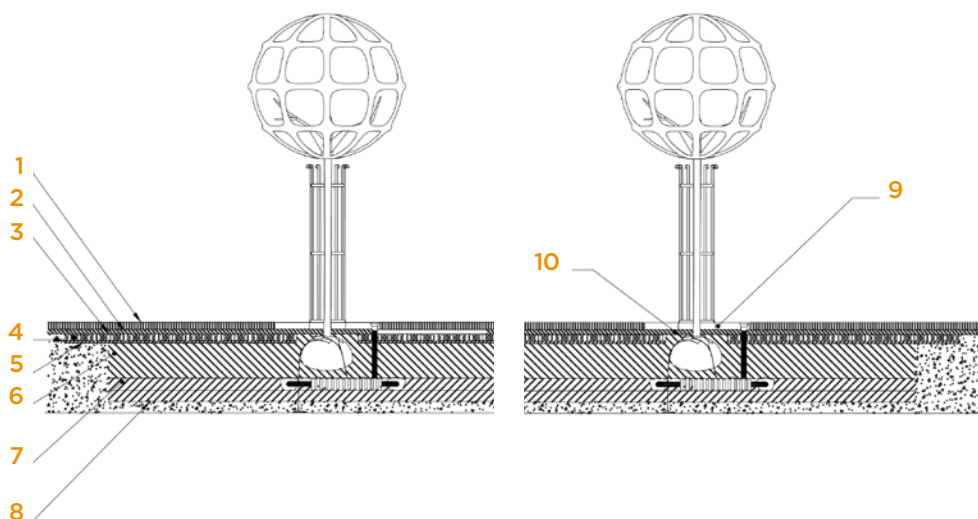


Installation du système d'irrigation et d'aération sur la tranchée remplie de terre végétale.



Tapis de caissons minces intégrant les tubes du système d'irrigation et aération. Image : South Tyneside Council

Section typique d'un système flottant à base de caissons minces



1. Revêtement de surface et ses couches de fondations
2. Géotextile
3. Tapis de caissons minces partiellement remplis de terreau
4. Géotextile
5. Couche de sable grossier de 20 mm

6. Terre végétale non-compactée
7. Terre végétale faiblement compactée
8. Couche drainante de graviers
9. Grille d'arbre incorporant l'ouverture du système d'irrigation et aération
10. Haubanage de la motte

Images non créditées :
Barry Brown

Image adaptée d'après : GT Specifier, Landscape Solutions





3.3 Assurer l'intégrité des surfaces et structures

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Tirer également parti des solutions liées à l'arbre et aux infrastructures pour garantir l'intégrité des surfaces.	- Concepteur(s) - Ingénieur de voirie
Evaluer à l'aune des contraintes du site et des objectifs du projet l'ensemble des options possibles pour remédier aux déformations des revêtements de surface causées par des racines.	- Ingénieur de voirie - Spécialiste de l'arbre
Solliciter les conseils d'un ingénieur en structures pour la conception des fondations des bâtiments et structures situées dans des secteurs à sol rétractable.	- Concepteur(s)
Faire preuve de vigilance pour le choix des essences plantées dans les secteurs à sols rétractables.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Il arrive parfois que les surfaces autour des arbres matures se déforment sous l'action des racines latérales. Ces dernières s'insinuent dans les couches de fondation des revêtements de surface alors qu'elles sont encore très fines puis grossissent progressivement en diamètre. Si les racines sont incapables de pousser quoi que ce soit par leur pointe, leur force d'expansion radiale est en revanche considérable (voir 3.4.3). Le levage et/ou les craquements qui en résultent en surface peuvent créer des risques de trébuchement.

Pour éviter ces problèmes, c'est au stade de la plantation de l'arbre et/ou de l'installation du revêtement qu'il est le plus facile (et le moins onéreux) d'intervenir, en combinant solutions liées à l'arbre et solutions liées aux infrastructures (*i.e.* bonnes pratiques de génie civil). Lorsque les dommages sont déjà là et qu'une reprise s'impose, ce guide propose une gamme d'options fondées sur le même principe d'approche combinée.

Dans les zones à sol rétractable, les arbres peuvent contribuer aux problèmes d'affaissement locaux, et ce faisant endommager indirectement bâtiments et structures. Là encore, pour éviter ces conflits, c'est lors de la plantation des arbres et/ou de la réalisation des fondations des structures que les mesures les plus efficaces peuvent être prises. Cet ouvrage offre simplement une introduction à ces problèmes complexes et propose des références à celles et ceux qui souhaitent aller plus loin.

3.3.1 Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres

La sélection des essences

Les déformations des revêtements de surface sous l'action des racines interviennent souvent avec des essences gourmandes en eau et dotées de racines peu profondes telles que le saule (*Salix spp.*) ou le peuplier (*Populus spp.*). Pour les trottoirs, le référentiel applicable au Royaume-Uni (le *Design Manual for Roads and Bridges* - DMRB⁸⁶) recommande de préférer les essences

développant un **système racinaire** profond plutôt que principalement superficiel. Le DMRB souligne également que le facteur déterminant demeure néanmoins que « *l'espace suffisant [soit] prévu pour la croissance des racines* ».

Si les caractéristiques d'enracinement des essences sont bien à prendre compte, ce paramètre ne garantit nullement à lui seul l'absence de conflit entre revêtement de surface et racines. L'architecture du système racinaire n'est pas simplement le fruit de facteurs génétiques, elle est également influencée par la texture et la structure du sol. Il est donc tout à fait probable qu'un arbre planté en ville présente un système racinaire différent de celui que son clone développe en forêt tempérée.

Volume et aération du substrat d'enracinement

Si le substrat d'enracinement est pauvre en cavités et en oxygène, les racines ne peuvent survivre qu'en exploitant les pores et l'oxygène présents ailleurs dans le sol environnant. En ville, ces conditions favorables aux racines se trouvent dans les remblais des canalisations enterrées, dans les canalisations elles-mêmes (voir 3.4.3) ou bien encore dans les couches de fondation des revêtements de surface. S'assurer que l'arbre est doté d'un **espace d'enracinement** oxygéné et non compacté sur un volume suffisant est sans doute le principe le plus déterminant pour éviter les conflits (voir 3.1.3).

3.3.2 Arbre et intégrité des surfaces : les solutions liées aux arbres

Anticiper l'élargissement du tronc

C'est au niveau du **collet**, zone de transition entre le tronc et les racines que les forces et charges exercées par le vent et la couronne de l'arbre sont transférées du tronc vers les racines. L'arbre forme encore plus de bois dans cette zone afin de mieux résister aux forces subies. Cet apport en bois épaissit la largeur du tronc à la base. Lorsque le collet de l'arbre rentre en contact avec un obstacle, l'arbre s'y adapte en formant plus



86 The Highways Agency (1994), *Design Manual for Roads and Bridges* (DMRB), Department for Transport, Londres, Volume 7 Section 2 Part 5 HD 39/01, paragraph 2.17. Disponible à : www.dft.gov.uk/ha/standards/ghost/dmrb/vol7/section2/hd3901.pdf



de bois encore à cet endroit, pour étayer sa stabilité. La force radiale exercée par le développement du bois est susceptible d'endommager un revêtement de surface ou un mur.

Il est donc important de veiller à anticiper l'élargissement du collet dans la conception et le dimensionnement de l'entourage de l'arbre. Là où les contraintes d'usage et d'espace sont telles que le **pied d'arbre** doit être accessible, une palette d'options existent (voir para. 2.2.3) pour répondre à ces besoins sans compromettre les conditions de croissance de l'arbre ou l'intégrité des surfaces. Il est important toutefois de veiller à maximiser la taille des ouvertures ménagées et à proposer des solutions au cas par cas, plutôt que chercher une uniformité de dimensionnement. Les bons concepteurs savent développer des solutions pour varier la taille des ouvertures sans nuire à la qualité esthétique ou au confort des espaces. Les référentiels de conception d'espaces publics doivent encourager une approche souple et opportuniste, tout en établissant des dimensions minimales essentielles à respecter pour la croissance du tronc.

Adapter les fondations du revêtement de surface

Le type et l'épaisseur du ou des matériau(x) employé(s) comme fondation pour le revêtement de surface peuvent également influencer les risques de dommages par les racines. Les problèmes interviennent principalement avec les pavages et autres revêtements posés sur une couche de sable compacté. Des travaux de recherche⁸⁷ ont montré qu'employer des graviers lavés tamisés et compactés comme couche d'assise diminuait les occurrences de pénétration des racines.

Adapter le choix du revêtement de surface et le traitement des bordures

Le choix du revêtement employé au-dessus de la **zone d'enracinement** de l'arbre et le traitement des bordures des ouvertures ménagées pour le **pied d'arbre** ont également une influence sur les occurrences de conflit avec les racines.

Certains types de matériaux comme l'asphalte, la brique ou les pavés peuvent s'adapter aux mouvements et déformations du sous-sol sous l'action des racines. L'ajout d'un **géotextile** tissé ou d'une **géogrille** sous la couche d'assise du revêtement d'un pavage peut aider à répartir les forces de soulèvement et à maintenir des surfaces lisses (à défaut d'être planes), moins susceptibles d'engendrer un risque de chute.

Etayer les surfaces dures situées au-dessus des zones d'enracinement constitue la solution la plus efficace, mais également la plus onéreuse, pour prévenir les risques de déformation sur le long terme. Les systèmes d'enracinement portants sont conçus pour répondre à ces objectifs. Le para. 3.2 de ce

guide propose une analyse des principaux types de systèmes disponibles actuellement.

Recourir aux techniques de pose de revêtement sans excavation

Lorsqu'un nouveau revêtement doit être appliqué dans l'entourage d'un arbre où le sol était préalablement à nu ou végétalisé, il est indispensable de veiller à réduire au minimum les perturbations infligées à l' **espace d'enracinement** . Cela implique de :

- Limiter les excavations, afin de ne pas endommager les racines qui se trouvent le plus souvent dans leur grande majorité dans les horizons superficiels du sol.
- Limiter le compactage.
- Veiller à ce qu'une quantité d'eau identique puisse continuer à pénétrer l'espace d'enracinement.
- Veiller à ce que l'échange gazeux entre l'atmosphère et l'espace d'enracinement continue à bien fonctionner.

Comme le suggère l'*Arboricultural Practice Note 12* (APN 12)⁸⁸, lorsque l'objectif est d'appliquer un revêtement dur autour d'un arbre déjà en place, le recours aux techniques de pose ne nécessitant pas d'excavation offre une solution efficace pour satisfaire à l'ensemble des principes énoncés ci-dessus, tout en aidant à prévenir tout conflit avec les racines.

Ces techniques sont fondées sur les principes constructifs suivants :

- Un **géotextile** perméable est placé sur le sol existant.
- Un matelas alvéolaire (voir para. 3.2.3) est installé sur le géotextile et rempli d'un agrégat de 20 à 40 mm de calibre.
- Une couche d'assise et un revêtement de surface tous deux perméables sont placés sur la base offerte par le matelas (par exemple, des pavés béton autobloquant perméables sur une assise de sable).

Pour satisfaire aux besoins de drainage et d'accessibilité, il est impératif de bien anticiper l'articulation de la nouvelle surface créée avec les surfaces existantes.

Du point de vue de la santé des arbres, il est à noter qu'il n'existe à ce jour aucune étude documentant les impacts de ces techniques sur le long terme, en particulier en matière de maintien de vie microbienne et de contamination des sols.

Les déflecteurs de racines

Les **déflecteurs de racines** (parfois également appelés guides-racines) sont intentionnellement conçus comme des obstacles à la croissance des racines latérales. Le plus souvent en plastique, ces déflecteurs sont installés autour de la motte pour guider la croissance des racines latérales vers le bas, et ce faisant les éloigner des bordures de trottoirs et des couches de fondation des revêtements de surface. La logique poursuivie est d'abaisser la portion des racines susceptibles de devenir fortes

87
Kopinga, J. (2008), « Preventing damage to pavements by tree roots », COST (2008) *Improving relations between technical infrastructure and vegetation. Final scientific report*, COST, Bruxelles. Disponible à : http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/TUD/Action_C15/final_report/final_report-C15.pdf

88
Patch, D. et Holding, B. (2007), *Through the Trees to Development. Arboricultural Practice Note (APN) 12*, Tree Advice Trust, Farnham, UK



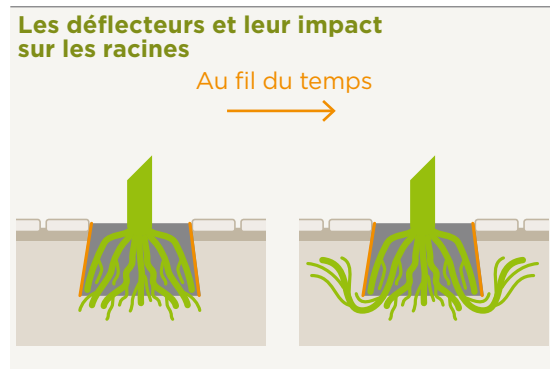
à une profondeur suffisante pour dissiper la force radiale que leur croissance exerce. On présente aussi parfois l'argument qu'un guidage localisé des racines permet de réduire les dommages infligés lorsqu'un élagage des racines doit être pratiqué en dernier recours pour résoudre un conflit avec les infrastructures environnantes (car la coupe est pratiquée plus loin en aval du **collet**).

Cette argumentation est souvent utilisée dans les référentiels et guides techniques de conception de voirie et d'espaces publics pour justifier la préconisation d'un emploi systématique des **défecteurs de racines** pour les plantations nouvelles.

Une analyse des travaux de recherches disponibles à ce jour sur l'efficacité et l'impact des défecteurs de racines montre que :

- Ces dispositifs, lorsqu'ils mesurent 600 mm de hauteur ou plus, restreignent la croissance des racines latérales et vont ce faisant à l'encontre de l'architecture des **systèmes racinaires** établie par le pépiniériste pour maximiser les chances de bonne reprise et la stabilité future de l'arbre concerné. Les techniques de structuration des systèmes racinaires des jeunes arbres employées en pépinière sont le fruit d'expérimentations et de savoirs accumulés sur la très longue durée tandis que les défecteurs de racines sont une invention des 35 dernières années dont les effets sur la stabilité des arbres ne sont pas connus.
- L'efficacité de ces dispositifs varie très sensiblement en fonction des types de substrats de plantation et d'essences d'arbre avec lesquels ils sont employés. Un état des lieux réalisé en 2008 sur l'ensemble des études alors disponibles sur l'impact des défecteurs sur la densité, le diamètre et la profondeur moyenne des racines s'est avéré peu concluant⁸⁹.

Les défecteurs de racines sont des produits commerciaux. Leurs spécifications de performances et conditions de garantie sont disponibles auprès des fabricants et fournisseurs.



3.3.3 Remédier à un conflit existant entre racines et revêtement de surface

Plusieurs stratégies peuvent être déployées pour gérer un conflit entre racines et revêtement de surface :

- Refaire localement le revêtement de surface, en utilisant un matériau souple. Cette mesure temporaire ne résout pas les problèmes de soulèvement mais réduit les risques de chute associés. Elle permet d'attendre la réfection complète de l'infrastructure affectée (trottoir, place, etc.), date à laquelle une élévation du niveau de la surface peut être envisagée (voir les techniques de pose de revêtements sans excavation décrites au para. 3.3.2) ou une reprise de l'**espace d'enracinement** avec un système portant (voir para. 3.2).
- Surélever localement le trottoir pour créer une rampe douce, conforme aux normes d'accessibilité, permettant de passer les racines proéminentes.
- Élargir les dimensions de l'ouverture de **piet d'arbre** et décompacter au moyen de techniques non invasives le substrat d'enracinement entourant la motte. Cette approche n'est possible que lorsqu'il y a suffisamment d'espace pour introduire une bordure protégeant le pied d'arbre du piétinement sans nuire au confort des piétons et à la valeur d'usage du lieu.
- Reprendre l'espace d'enracinement pour introduire un substrat portant (voir para. 3.2)
- Élaguer les racines problématiques. Cette approche est la plus dommageable à la santé et à la stabilité de l'arbre, comme l'illustre l'étude de cas n°23 p. 128. Elle n'est à envisager qu'en dernier recours. Le cas échéant, sa mise en œuvre exige la supervision d'un expert qualifié.

Quelle que soit la stratégie choisie, il convient de veiller à ce que :

- Toute excavation intervenant à proximité de la **motte racinaire** soit conduite avec des techniques non invasives (lance à air, aspirateur, etc.)
- Le **système racinaire** ne soit pas mis à mal par le changement éventuel du niveau du sol.

3.3.4 Arbres et sols rétractables

La **subsidence** liée aux sols argileux ou limoneux rétractables est un phénomène complexe et bien documenté. Ce phénomène est aggravé par un grand nombre de facteurs parmi lesquels les arbres peuvent jouer un rôle.

Des sols argilo-limoneux rétractables sont présents à travers le Royaume-Uni, toutefois c'est en Est-Anglie, dans le Grand Londres et les comtés limitrophes que ces sols sont les plus fréquents et les plus rétractables. Les cartes des formations superficielles produites par la British Geological Survey (BGS, l'Institut d'études géologiques britannique) constituent la meilleure source



89
Morgenroth, J. (2008), « A Review of Root Barrier Research », *Arboriculture & Urban Forestry* 34(2):84-88



à consulter pour connaître les risques de subsidence liés aux sols rétractables.

Réduire les risques auxquels contribuent les arbres exige :

- De prévoir pour les constructions nouvelles des fondations adaptées à la nature du sous-sol en tenant compte de la présence d'arbres et des évolutions climatiques. Voir sur ce point les références relatives à la subsidence fournies en bibliographie (p. 136).
- De veiller à éviter de planter dans les zones à sols rétractables des essences gourmandes en eau, tels que le saule (*Salix spp.*), le chêne (*Quercus spp.*), le peuplier (*Populus spp.*) ou le cyprès de Leyland (*x Cuprocypris leylandii*). Au Royaume-Uni, l'annexe 4.2A des *Standards* du National House Building Council (NHBC, le Conseil national de la construction et du logement) offre une évaluation des risques liés à différentes essences en relation à leur consommation d'eau et à l'index de plasticité des sols⁹⁰.

90
NHBC (2014), *Standards*, NHBC, Milton Keynes

91
BRE pour LINK Consortium for Horticulture (May 2004), *Controlling water use of trees to alleviate subsidence risk, Final Report*. LINK Project No. 212

92
Hipps, N. et Atkinson, C.J. (2014), *Pilot study to determine the feasibility of using existing claims data to determine the impact of tree pruning on subsidence incidents on swelling clay soils*, The Subsidence Forum, Londres

93
Disponible à : www.ltoa.org.uk/resources/joint-mitigation-protocol

94
Disponible à : www.ltoa.org.uk/resources/risk-limitation-strategy

des collectivités locales pour confirmer l'efficacité des mesures d'élagage sur l'incidence des problèmes de subsidence liés aux arbres. Un petit échantillon de données a alors été analysé suggérant un impact positif. Toutefois, le rapport souligne la nécessité d'une analyse à plus grande échelle pour tirer des conclusions définitives.

- De respecter les protocoles de gestion des sinistres établis de manière collégiale par les professionnels de l'arbre et de l'assurance, tel que le *Joint Mitigation Protocol*⁹³ réalisé par la London Tree Officers Associations (LTOA, l'association regroupant les gestionnaires d'arbres des boroughs du Grand Londres) avec des assureurs.

Pour toute information complémentaire sur la gestion des risques de subsidences liés aux arbres, voir la publication⁹⁴ de la LTOA consacrée à ce sujet.

Lorsque des problèmes de subsidence liés aux arbres interviennent, il est recommandé :

- D'adopter un programme d'élagage cyclique pour limiter la quantité d'eau consommée par les arbres. Pour compléter les travaux de recherche existants⁹¹, un rapport⁹² commissionné par des représentants du gouvernement, des collectivités locales et des assureurs a examiné la faisabilité d'une analyse des registres de déclarations de sinistres



Sur Bonn Square à Oxford, le traitement des bordures de revêtements et des ouvertures de pied d'arbre a fait l'objet d'une attention particulière pour éviter tout conflit avec les racines. Image : Michael Murray



3.4 Intégrer réseaux enterrés et arbres

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Suivre les recommandations contenues dans les référentiels et normes applicables (au Royaume-Uni, le volume 4 des publications du National Joint Utilities Group – NJUG).	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Responsable de l'urbanisme (collectivité locale) - Gestionnaires de réseaux
Maximiser la réalisation et l'usage de galeries communes dans les nouveaux quartiers, et de tranchées ou gaines communes dans les opérations plus petites.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Responsable de l'urbanisme (collectivité locale) - Gestionnaires de réseaux
Utiliser les techniques de construction de canalisations résistantes à l'intrusion de racines.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Responsable de l'urbanisme (collectivité locale) - Gestionnaires de réseaux
Être attentif au choix des essences et à la conception des espaces d'enracinement à proximité des égouts.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Au Royaume-Uni, le volume 4 des publications du National Joint Utilities Group (NJUG, le regroupement professionnel des gestionnaires de réseaux) relatif à la planification, l'installation et l'entretien des réseaux à proximité des arbres ainsi que le guide opérationnel⁹⁵ qui y est associé constituent les référentiels applicables. Ces documents ont été réalisés en partenariat avec des représentants de la profession arboricole et du Department for Food and Rural Affairs (Defra, le ministère britannique en charge de l'agriculture, des affaires rurales et de l'environnement). Les conseils énoncés sur les précautions à prendre pour travailler sur des réseaux enterrés situés à proximité d'arbres ne sont pas répétés ici.

Les points abordés ci-dessous se concentrent sur les opportunités d'améliorer la cohabitation des arbres et des réseaux à l'occasion d'opérations d'aménagement.

3.4.1 Rationaliser l'espace alloué et l'accès aux réseaux

Lors de la planification d'un nouveau quartier, prévoir la création de galeries communes pour les réseaux enterrés permet de rationaliser l'espace souterrain occupé par ces infrastructures, d'optimiser les conditions de leur accès et entretien, tout en supprimant les risques de conflit avec les arbres. Il est donc souhaitable d'exiger la réalisation de tels ouvrages partagés au titre des prescriptions spéciales assorties aux autorisations d'urbanisme, et ce, dans le respect des normes de sécurité applicables au regroupement des canalisations et des gaines de câble dans une même galerie. Ce type d'ouvrage est à positionner de

préférence à proximité des limites de propriété ou sous les trottoirs de manière à faciliter les raccordements latéraux.

Pour les opérations de taille plus restreinte ou insérées dans le bâti existant, la réalisation d'une galerie commune regroupant l'ensemble des réseaux enterrés s'avère souvent trop onéreuse. Dans ce contexte, au Royaume-Uni, NJUG recommande la réalisation de tranchées partagées : « *Le partage de tranchée permet à la fois de réduire les perturbations occasionnées pour les piétons et les véhicules lors des chantiers tout en offrant des économies d'échelle sur les coûts de construction et de remise en état des espaces publics affectés. Le partage de tranchée aide également à mieux tirer parti de l'espace limité disponible sous la chaussée. Il convient d'envisager le partage de tranchée partout où il est susceptible d'être faisable et approprié* »⁹⁶.

3.4.2 Éviter les dommages indirects

Dans les secteurs où les arbres peuvent aggraver les problèmes de subsidence liés à la présence de sols rétractables (voir para. 3.3.4), il est souhaitable de préférer les canalisations flexibles susceptibles de tolérer les mouvements de terrain. Les zones de raccordement sont les plus susceptibles d'être endommagées lorsque des problèmes de subsidence surviennent. Une attention toute particulière doit donc être prêtée aux endroits où une canalisation est raccordée à une structure rigide.



95
Voir NJUG (2007) dans le paragraphe « Réseaux enterrés » des références bibliographiques fournies à la fin de ce chapitre

96
NJUG (2013) *Guidelines on the Positioning and Colour Coding of Underground Utilities' Apparatus*. NJUG publication volume 1, NJUG, Londres, paragraphe 6. Disponible à : www.njug.org.uk/publications



3.4.3 Éviter les dommages directs

Les racines d'un arbre peuvent également endommager directement les égouts lorsqu'elles s'insinuent dans ces ouvrages. L'une des causes principales de ce problème réside dans l'utilisation de joints élastomères inadaptés pour l'assemblage des segments dont sont constituées ces canalisations.

Un programme de recherche initié à Malmö en Suède⁹⁷, puis poursuivi grâce à une collaboration Britanno-Suédoise⁹⁸ a mis en évidence une force de pénétration de 15 à 20 bar/cm² exercée par les racines tandis que les joints employés pour les égouts ne sont conçus que pour résister à une pression maximum de six bars. Les canalisations en terre cuite ne sont pas les seules affectées par les problèmes d'intrusion de racine : celles en béton et en PVC le sont également car toutes utilisent des joints semblables. Le programme de recherche a montré que sur le terrain (plutôt qu'en situation de laboratoire), lorsque des racines s'insinuent dans une canalisation, cette intrusion n'intervient généralement qu'au bout de 20 ans. Ce long délai n'incite pas les concessionnaires de réseaux à faire pression sur leurs fournisseurs pour exiger l'investissement dans le développement de joints plus performants.

Dans le passé, pour résoudre ce problème coûteux pour le secteur, les concessionnaires de service de l'eau et leurs représentants exigeaient qu'aucun arbre ne soit planté là où des canalisations pourraient se trouver sous sa couronne, ce qui exclut la majeure partie des espaces bâtis existants. Pour être vivable, la ville a autant besoin d'un réseau d'assainissement efficace que d'arbres. Les solutions fondées sur le principe d'un objectif de coexistence sont donc à préférer. Au Royaume-Uni, les *Standards for New Gravity Foul Sewers and Lateral Drains*⁹⁹ publiés en 2012 par le gouvernement Gallois autorisent au paragraphe R6 que des arbres soient plantés à proximité de canalisations de telle sorte qu'elles puissent se trouver sous sa couronne. Cette autorisation est assujettie à l'adoption de mesures préventives et protectrices des ouvrages enterrés. Une disposition semblable figure désormais à la 7^e édition de *Sewers for Adoption* publiée par WRc plc qui constitue la norme de référence pour les concessionnaires de service d'eau en Angleterre. WRc plc a entrepris en 2014 de réaliser un état des lieux des mesures préventives et protectrices adaptées à ce type de contexte où arbres et réseau d'assainissement coexistent. Les résultats de ce travail doivent être publiés dans un avenir proche.

Lors d'une opération d'aménagement où de nouvelles infrastructures sont réalisées ou dans le contexte d'une reprise d'existant où des canalisations anciennes sont remplacées, les mesures préventives et protectrices à privilégier incluent les principes suivants :

- S'assurer que les arbres disposent d'un **espace d'enracinement** non compacté

et bien aéré de dimension suffisante (voir 3.1.3).

- Préférer les essences à développement racinaire lent (voir 3.3.1).
- Employer des canalisations en polyéthylène (PE) soudées. Ce type de tuyaux plus coûteux à l'achat exige pour leur pose une main d'œuvre plus qualifiée. Le surcoût total engendré (fournitures et pose comprises) est de l'ordre de 30% par rapport aux options traditionnelles n'ayant pas recours au soudage. Les canalisations en PE soudées sont recommandées comme une « *mesure préventive adaptée* » au paragraphe R6 des *Standards* publiés par le gouvernement Gallois en 2012 déjà mentionnés plus haut.
- Employer des canalisations en PVC assemblées par des joints collés au solvant. Cette technique est communément employée en Australie.
- Entourer la canalisation à protéger et le matériau de remblai qui l'entoure d'un **géotextile** anti-racines. Attention : c'est bien l'infrastructure à protéger qui doit être enveloppée et non l'espace d'enracinement de l'arbre.

Pour les canalisations existantes, les techniques de réhabilitation actuelles consistent à réaliser un chemisage. Le type de matériau utilisé est un polymère qui, en séchant après la pose, rétrécit. La pression moyenne du sol étant inférieure à deux bars, il suffit que le chemisage polymérisé une fois sec soit capable de résister à une pression d'au moins deux bars pour prévenir toute intrusion de racines. Dans ces conditions, si des racines sont présentes entre la paroi externe de la chemise et la paroi interne de la canalisation réhabilitée, c'est la canalisation, plutôt que sa chemise qui cède sous l'effet de la pression radiale des racines. Prolonger la durée de vie d'une canalisation existante au moyen d'un chemisage présente néanmoins les inconvénients suivants :

- La chemise réduit le diamètre effectif de la canalisation.
- Lorsque la canalisation chemisée comporte beaucoup de raccords latéraux, le chemisage ne protège pas les raccords des intrusions de racines. L'étanchéité de ces points faibles du réseau peut être considérablement améliorée par l'installation de piquages par manchette ou de manchettes chapeaux *Top-Hat*.
- Le chemisage ne résout pas le problème des racines présentes dans les regards. Toutefois, ces derniers sont bien plus faciles à nettoyer.

97
Stål, Ö. (1998), « The interaction of tree roots and sewers: the Swedish experience », *Arboricultural Journal* 22, 359-367

98
Le département Gestion des Paysages et Techniques Horticoles de l'Université d'Agronomie Suédoise (SLU), Thames Water (le concessionnaire du service de l'eau dans le Grand Londres), la municipalité de Malmö, et SvensktVatten (l'Association suédoise des services de l'eau et de l'assainissement) se sont associés pour réaliser des tests sur le campus de SLU à Arnlap. En Avril 1993, un réseau fermé de canalisations enterrées en PVC et en béton long de 32 m a été mis en place. Des peupliers (*Populus spp.*) ont été plantés au-dessus de chaque raccordement. Onze ans plus tard en 2004, l'ensemble a été mis à nu et inspecté. Les conclusions sont présentées dans Ridgers, D., Rolf, K. et Stål, Ö. (2008), « Management and planning solutions to modern PVC and concrete sewer pipes' lack of resistance to root penetration », *Improving relations between technical infrastructure and vegetation. Final scientific report, Final Report COST Action C15*. Disponible à : http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/TUD/Action_C15/final_report/final_report-C15.pdf

99
Disponible à : <http://wales.gov.uk/docs/desh/publications/121001sewerdrainstandar-dsen.pdf>



3.5 Intégrer les arbres aux dispositifs de gestion alternative des eaux de pluie

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Créer un forum ouvert pour examiner les inquiétudes et les objections éventuelles suscitées par les méthodes d'intégration des arbres à la gestion des eaux de pluie.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Chargé de projet
Rechercher et tirer pleinement parti des opportunités d'intégrer les arbres à la gestion alternative des eaux de pluie.	<ul style="list-style-type: none"> - Concepteur(s) - Ingénieur VRD/ hydrologue - Spécialiste de l'arbre

Le simple fait d'introduire ou de maintenir des arbres dans les espaces urbains contribue à limiter le ruissellement (voir para. 2.4). Ce sont les arbres dotés de grands houppiers denses qui sont les plus efficaces en ce domaine. Un principe de base pour toute stratégie visant à tirer parti des arbres pour une gestion durable des eaux de pluie consiste à veiller à ce qu'ils disposent d'espaces d'enracinement non compactés, bien aérés et de dimensions suffisantes pour assurer leur bon développement (voir 3.1.3).

Pour une large part, les propriétés des substrats favorables au développement des racines telles que la porosité (la présence de pore), la perméabilité (le degré de connectivité des pores présents) et le taux d'infiltration (la vitesse à laquelle l'eau se déplace de pore en pore) sont également favorables à la gestion de l'eau de pluie. Les procédés permettant d'améliorer la portance des substrats d'enracinement présentés au para. 3.2 de ce guide apportent aussi cet avantage.

Sur ces bases, un ensemble de techniques et d'approches ont été mises au point pour exploiter la capacité des arbres et de leurs substrats d'enracinement à réduire le volume, la vitesse et la pollution des eaux de ruissellement, de sorte à en faire un élément fonctionnel à part entière de la stratégie d'assainissement.

La mise en œuvre de ces approches exige des compétences en hydrologie, et non pas simplement en génie civil. Ces compétences sont essentielles pour bien évaluer la capacité des solutions de gestion alternative des eaux de pluie proposées (souvent sous évaluées à l'heure actuelle), ainsi que la nature des mesures de gestion de trop plein, afin que l'ensemble fonctionne bien et à moindre coût.

3.5.1 Les points clés pour réussir Une approche intégrée des aménagements

Dans le passé, le recours à des réseaux de drainage de surface a parfois été mis en œuvre selon une logique monofonctionnelle, nuisant à la qualité des espaces. Mettre au

contraire l'accent sur une approche intégrée de l'aménagement urbain est l'un des mérites du concept d'« urbanisme sensible à l'eau » (*water sensitive urban design*, WSUD, voir para. 2.4).

L'intégration des arbres aux dispositifs de gestion durable des eaux de pluie en ville exige de prêter attention à :

- L'usage des espaces ; il est notamment important de veiller à assurer des conditions de visibilité, d'accessibilité et des dégagements appropriés pour les piétons, cyclistes et véhicules.
- La santé et les conditions de bon développement des arbres.
- La valeur d'aménité de l'aménagement proposé. Les dispositifs paysagers conçus pour la gestion alternative des eaux de pluie peuvent constituer la pierre angulaire d'un aménagement d'espace public en participant de son attrait, de son organisation spatiale et de sa capacité à accueillir et encourager des usages multiples.

Choisir des techniques adaptées au contexte

Plusieurs approches existent pour intégrer les arbres aux dispositifs de gestion durable des eaux de pluie. Ces approches sont présentées au para. 3.5 ci-dessous. Parmi les paramètres à prendre en compte pour choisir la plus adaptée à un projet, on retiendra notamment :

- La nature et le taux d'infiltration des sols.
- La densité et le caractère du contexte urbain.
- Les besoins de portance des surfaces.
- L'espace disponible en sous-sol.
- Les objectifs d'assainissement à atteindre : volume à stocker, à infiltrer et degrés d'épuration souhaités et requis.

Bien répondre aux questions

La gestion alternative des eaux de pluie est souvent perçue comme une démarche ajoutant à la complexité des projets. L'intégration des arbres à l'aménagement suscite également parfois des réactions similaires. Il n'est pas surprenant dans ce cadre que l'idée de combiner arbres et gestion alternative des eaux de pluie dans le contexte minéralisé de la voirie, des espaces publics et autres « espaces en dur » constitue



une proposition anxiogène. Il est essentiel que ces inquiétudes fassent l'objet d'un examen sérieux et ouvert par l'équipe de projet. Lors de ces discussions, certains thèmes sont récurrents. Une sélection d'entre eux sont abordés ci-dessous.

- **À quoi bon ?** La gestion des eaux de ruissellement et la présence du végétal sont deux impératifs pour le bon fonctionnement des villes et le bien-être de leurs usagers. Des évolutions du cadre réglementaire sont en cours (en Angleterre) ou déjà largement en place (au Pays de Galles et en Écosse) qui encouragent une approche conjointe de la satisfaction de ces besoins essentiels dans les opérations d'aménagement. En Angleterre par exemple, le paragraphe 157 du National Planning Policy Framework (NPPF, l'équivalent du règlement national d'urbanisme en France) précise que : « *L'adoption de stratégies de gestion durable des eaux de pluie doit constituer une considération clé dans l'instruction des demandes d'autorisation d'urbanisme* ». En outre, une fois les décrets d'application du Flood and Water Management Act 2010 (la loi sur l'eau votée en 2010) publiés, les stratégies d'assainissement proposées pour les opérations d'aménagement devront être évaluées à l'aune des *National Standards for Sustainable Drainage* (une norme nationale privilégiant l'utilisation des techniques alternatives de gestion des eaux de pluie, et tout particulièrement les dispositifs de surface et paysagers) avant de pouvoir être lancées et obtenir (si nécessaire) l'autorisation de se raccorder au réseau conventionnel.

- **Impact sur les réseaux enterrés.** Il n'est pas rare que les réseaux enterrés soient placés sous un bas-côté enherbé ou sous une pelouse. Si elles sont correctement installées, ces infrastructures supportent bien d'être entourées de sols dans lesquelles l'eau s'infiltre. Les matériaux de remblai employés autour des gaines de câbles et des canalisations sont choisis pour leurs propriétés drainantes. Des solutions existent même désormais pour installer des aménagements végétalisés conçus pour le stockage temporaire de l'eau à proximité voire immédiatement au-dessus de réseaux enterrés.

- **Risque de chute.** Comme pour n'importe quel autre aménagement, la conception et la réalisation de dispositifs végétalisés pour la **gestion alternative des eaux de pluie** exige un travail de qualité. Lorsque des **noues** de **biorétention** sont placées en bordure de voirie ou sur un espace public, le traitement des bordures doit faire l'objet d'une attention particulière pour que la différence de niveau soit bien reconnaissable par tous les usagers.

- **Impact sur les réseaux d'assainissement conventionnels.** La simple présence d'un arbre doté d'un grand **houppier** aide

à réduire le volume et la vitesse des eaux de ruissellement. Lorsque l'**espace d'enracinement** d'un arbre est exploité à ces mêmes fins, un système de dégorgement est généralement inclus. Ce système consiste le plus souvent soit en un trop-plein, soit en un drain placé à la base du substrat de plantation pour évacuer l'excès d'eau vers un réservoir de récupération des eaux de pluie ou vers le réseau d'assainissement. Si l'aménagement a été bien conçu, lorsque qu'il y a excès d'eau, le flux rejeté dans le réseau d'assainissement local est moins pollué que s'il avait directement été recueilli par le réseau conventionnel. Ce n'est que dans les secteurs où la nappe phréatique est proche de la surface que le raccordement par un drain de l'espace d'enracinement conçu pour l'infiltration et le stockage temporaire des eaux de pluie au réseau conventionnel d'assainissement est à proscrire. Dans ce scénario, le drain pourrait offrir un point d'entrée des eaux contenues dans le sol dans le réseau d'assainissement.

- **Impact sur la couche d'assise des revêtements de surface.** Eviter la pénétration de l'eau dans les couches de fondation constitue un principe de base pour la construction des chaussées. La présence d'eau dans les matériaux traditionnellement utilisés comme couche de base peut engendrer une perte des propriétés de rigidité et de résistance de la chaussée. Le degré des problèmes rencontrés dépend de la sensibilité des sols en place et des matériaux employés à l'augmentation du taux d'humidité. Les matériaux employés pour les couches de fondation des revêtements de surface perméables sont spécialement sélectionnés pour leur capacité à ne pas perdre leur résistance et doivent être installés selon les procédures décrites dans les normes et référentiels applicables (au Royaume-Uni, le *SuDS Manual*¹⁰⁰ de CIRIA). Lorsque des arbres sont intégrés à une stratégie de gestion des eaux de pluie, il est en revanche impératif de veiller à ce que l'eau infiltrée dans l'**espace d'enracinement** ne puisse pas pénétrer les couches de fondation des revêtements de surface adjacents.

- **Impact sur la santé de l'arbre.** Les travaux de recherche ont montré que les arbres se développent mieux s'ils sont alimentés en eaux de ruissellement, qui sont tout à la fois polluées et riches en éléments nutritifs, qu'arrosés avec de l'eau potable. Par ailleurs, les expérimentations conduites depuis dix ans à Stockholm ont mis en évidence que tant que les eaux contaminées au sel de déneigement ne stagnent pas et sont rincées par une succession d'épisodes pluvieux, leur infiltration dans les substrats de plantation ne nuit pas à la santé des arbres. Les essences d'arbres choisies doivent toutefois être capables de tolérer des variations importantes de l'humidité des sols.



100
La nouvelle édition (2015) du *SuDS Manual* (CIRIA C753) est disponible à : www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx





- **Impact sur la maintenance.** Un arbre bien choisi planté dans un aménagement contribuant à la gestion des eaux de pluie n'a pas besoin de plus d'entretien qu'un congénère planté dans un contexte urbain conventionnel, et a de meilleures chances de reprise. Tant que l'ensemble est bien conçu, la présence de l'arbre n'engendre pas plus d'entretien pour l'aménagement qui l'entoure. En Australie, les dispositifs de récupération des eaux de pluie et les arbres sont de plus en plus souvent couplés pour réduire les besoins d'irrigation des arbres. C'est également l'approche retenue à Lyon, comme le montre l'étude de cas n°17 p. 78.

3.5.2 Options d'aménagement

Cela a déjà été souligné plus haut : la simple intégration d'un arbre à grand développement doté d'un **espace d'enracinement** approprié constitue en soi une contribution significative à la gestion des eaux de pluie. L'impact d'un arbre peut être renforcé en maintenant la perméabilité des surfaces avoisinantes ou en mettant en place des dispositifs de collecte et de stockage temporaires des eaux de ruissellement dans l'espace d'enracinement. Ces techniques sont capables d'assurer la gestion des eaux de ruissellement de surfaces bien plus vastes que celles couvertes par le **houppier** des arbres qui y poussent.

Le *SuDS Manual* de CIRIA¹⁰¹ constitue au Royaume-Uni le manuel de référence pour la conception, le dimensionnement, la

construction et la gestion des dispositifs de **gestion alternative des eaux de pluie**. L'édition révisée parue fin 2015 comprend un chapitre consacré à l'intégration des arbres.

Pour l'ensemble des options d'aménagement décrites ci-dessous, il est essentiel de recueillir les conseils d'un spécialiste de l'arbre sur le choix d'essences appropriées aux caractéristiques du substrat d'enracinement.

Revêtements perméables

Il existe une gamme variée de revêtements de surface perméables : les bétons, les asphaltes, les stabilisés, les pavés autobloquants et autres systèmes de pavages perméables permettent à l'eau de pénétrer les couches de fondation, puis soit de s'infiltrer dans le sol sous-jacent, soit d'être évacuée par un drain.

Le stress hydrique est un problème chronique pour les arbres en ville. L'utilisation d'un revêtement perméable au-dessus de l'**espace d'enracinement** constitue un atout pour l'arbre, mais c'est en le combinant à un substrat d'enracinement portant (voir para. 3.2), que les meilleurs résultats sont obtenus.

Le problème d'entretien le plus couramment rencontré avec les revêtements poreux (et tout particulièrement l'asphalte) est lié au risque de colmatage des pores¹⁰². Pour éviter ce problème, il est important de veiller à :
- Respecter les principes de conception et les spécifications détaillées dans les référentiels applicables (au Royaume-Uni : le *SuDS Manual*).



101

La nouvelle édition (2015) du *SuDS Manual* (CIRIA C753) est disponible à : www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx

102

Bean, E.Z., Hunt, W.F. et Bidelspach, D.A. (2007), « A Field Survey of Permeable Pavement Surface Infiltration Rates », *ASCE Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, Vol. 133, No. 3, pp. 249-255



Une tranchée d'infiltration guide les eaux de ruissellement de ce trottoir de Melbourne vers le mélange terre-pierre dans lequel poussent les arbres.
Image : Ville de Melbourne



- Eviter les arbres à fleurs ou à fruits, susceptibles de générer des déchets contribuant au colmatage.
- Programmer et mettre en œuvre un nettoyage régulier à l'aspirateur plutôt qu'à la balayeuse.

Systèmes d'enracinement à caissons et mélanges terre-pierre

Si l'apport de quelques caissons (voir para. 3.2.2) ou d'une bande de **mélange terre-pierre** (voir para. 3.2.1) pour étendre l'**espace d'enracinement** d'un arbre peuvent suffire à lui assurer de bonnes conditions de croissance, il en est autrement si ce même substrat a également vocation à permettre un stockage temporaire des eaux de pluie. Des installations continues de taille plus importante sont alors nécessaires. Un drain est à prévoir pour éviter l'engorgement prolongé du substrat lorsque ce dernier atteint la saturation. Le contrôle d'un ingénieur hydrologue est à solliciter sur le dimensionnement de l'installation et des systèmes d'arrivée et d'évacuation.

Il est également important de veiller à :

- Examiner attentivement l'élévation et le positionnement des points d'entrée des eaux de ruissellement, des trop-pleins et des drains pour assurer un bon fonctionnement de l'ensemble.
- Adapter le choix des essences au substrat, et ce particulièrement si un mélange terre-pierre est employé, car le type de pierre présent dans le substrat peut modifier le pH du sol.

Dispositifs de biorétention

Les dispositifs de **biorétention** utilisent les plantes (y compris les arbres) et les propriétés des substrats dans lesquelles ces plantes poussent pour filtrer les eaux de ruissellement et éliminer les polluants avant que l'eau ne soit rejetée dans le milieu naturel ou réutilisée. Semblables aux jardins de pluie, ils peuvent être dimensionnés en fonction des contraintes d'espace dictées par le contexte.

L'eau entre généralement par une ouverture ménagée dans la bordure du trottoir et s'infiltre dans le substrat. Ce dernier présente des propriétés de conductivité hydraulique élevées (généralement comprise entre 100 et 400 mm/h en fonction du climat) et est réparti dans une série de mini-réservoirs paysagés qui se succèdent pour former une chaîne. Les essences d'arbres et les plantes utilisées doivent être capables de tolérer des variations d'humidité très importantes. Les plantes couvrantes qui tapissent le dispositif évitent le colmatage de la surface. L'eau filtrée est recueillie à la base du dispositif par un drain à des fins de réutilisation ou pour être redirigée vers le milieu naturel (un cours d'eau par exemple).

Ces dispositifs incorporés aux trottoirs dans certaines villes des Etats-Unis et d'Australie ne modifient pas le fonctionnement du réseau d'assainissement. Les excès d'eau éventuels sont capturés en aval du dispositif par des avaloirs situés le long des trottoirs.



Dans ce parking situé à Amsterdam aux Pays-Bas, un revêtement perméable a été posé sur un système flottant (Permavoid) pour garantir aux arbres un espace d'enracinement non-compacté et également efficace pour l'infiltration des eaux de pluie. Image : Anne Jaluzot



Il est important de veiller à :

- Dimensionner le volume et la profondeur du dispositif en fonction de la quantité d'eau à traiter et des besoins de traitement.
- Adapter sa forme et son positionnement au contexte local (et notamment aux contraintes d'espace et servitudes d'accès des réseaux enterrés). Il est possible d'intégrer les dispositifs de **biorétention** aux aménagements de voirie tels que les chicanes destinées à apaiser la vitesse automobile ou les extensions de trottoirs conçues pour faciliter les traversées piétonnes.
- Anticiper les risques de chute pour les piétons.
- Prêter une grande attention aux spécifications retenues pour le substrat filtrant. Il est essentiel que ce dernier conserve une bonne conductivité hydraulique dans le temps. Tout apport en matière organique doit être effectué avec précaution pour éviter la pollution des eaux traitées par excès d'éléments nutritifs.
- Obtenir rapidement une couverture végétale dense. L'efficacité des dispositifs de biorétention dépend largement de la structure et de la densité des systèmes racinaires qui s'y trouvent.
- Protéger les dispositifs de biorétention durant le chantier, afin d'éviter que des boues ou d'autres sédiments ne colmatent le substrat filtrant.
- Irriguer les arbres plantés dans les dispositifs de biorétention durant les deux ou trois premières saisons de croissance. L'irrigation doit être pratiquée en surface sans recours à un tube d'arrosage afin de ne pas modifier le mode d'écoulement et d'infiltration de l'eau dans le substrat.

Noues plantées d'arbres

Les **noues** sont des dépressions linéaires plantées facilitant l'écoulement et le traitement des eaux de pluie. Elles se prêtent bien aux accotements et terre-pleins de voirie ou de parkings. Les profils de chaussée sont alors conçus pour drainer les eaux de ruissellement vers les **noues**, ce qui exige également de prévoir des bordures d'accotement laissant passer l'eau. Les arbres peuvent augmenter leur efficacité en facilitant l'infiltration de l'eau dans le sol et renforcer la stabilité des pentes transversales. Il est préférable de positionner les arbres en haut ou sur la moitié haute de la pente transversale afin de ne pas bloquer l'écoulement longitudinal, tout en apportant de l'ombre en été sur le fond de la noue. Les arbres contribuent également à renforcer l'impact visuel de la noue dans le paysage.





Noue entre chaussée et trottoir à Sathonay près de Lyon, France. Image : Richard Barnes



Noue dans un parking de Portland, dans l'Orégon aux États-Unis. Image : Martin Gammie



Étude de cas n°18 Construire un nouveau boulevard maritime pour Swansea

Lieu
Swansea,
Pays de Galles

Type de projet
Voirie



Voir l'annuaire des
études de cas p. 156

La voie chargée reliant le Tawe Bridge à Princess Way constituait une entrée de ville déplorable à la deuxième agglomération du Pays de Galles, tout en coupant son centre du front de mer.

La Ville a donc lancé en 2010 un projet de requalification de cet axe en boulevard urbain paysagé grâce à des financements du gouvernement gallois et de l'Union Européenne, complétés par des fonds propres.

Les feux de circulation ont été modernisés, les intersections réaménagées, les trottoirs élargis et près de 120 ormes (*Ulmus spp.*) plantés. Cette essence a été choisie pour sa longévité, sa tolérance à une exposition maritime, son port ramassé et la capacité de ses graines et petites feuilles à se décomposer rapidement. Le cultivar hollandais retenu est également résistant à la graphiose de l'orme.

Certains réseaux enterrés ont été détournés pour faire place aux nouveaux arbres. Toutefois, lorsque la relocalisation des réseaux était trop coûteuse, ou lorsque les excavations ont révélé des ouvrages souterrains inattendus, c'est le détail du projet qui a été modifié.

Pour assurer aux ormes de bonnes conditions de croissance en dépit d'un environnement extrêmement exposé et minéral, un substrat d'enracinement portant à base de sable a été employé. La nappe phréatique étant très proche du niveau du sol dans ce secteur, l'utilisation d'un substrat sableux réduit les risques d'engorgement tout en assurant au **système racinaire** des arbres un bon accès à l'eau par percolation. Partout où cela était possible compte tenu des contraintes imposées par les réseaux, l'**espace d'enracinement** a été étendu sous la largeur du trottoir jusqu'aux bandes paysagées situées de part et d'autre de la voirie. Les pieds d'arbres ont été couverts de grilles constituées d'anneaux concentriques remplis d'un enrobé perméable rouge lié à la résine, sauf pour l'anneau situé immédiatement autour du tronc rempli de mulch organique (voir photo p. 68). Le nivellement des trottoirs est tel que les pieds d'arbres recueillent une grande partie des eaux de ruissellement des surfaces piétonnes.

Le boulevard maritime de Swansea en Avril 2014, quelques semaines après sa livraison.
Image : Crown Copyright 2014





Étude de cas n°20 Le système de Stockholm fait ses preuves sur Erik Dahlbergsallén

Lieu
Stockholm,
Suède

Type de projet
Voirie

Le premier inventaire intégral des arbres d'alignement de Stockholm réalisé au début des années 2000 a révélé une situation alarmante : environ un tiers des arbres étaient morts, un autre tiers était en très mauvaise santé, et seul le tiers restant présentait un bon état sanitaire. Pour Björn Embrén, le nouveau responsable des arbres de voirie de la municipalité, il était clair que si les plantations étaient renouvelées avec les mêmes techniques que celles employées précédemment, des problèmes identiques ne manqueraient pas de survenir en terme de risque sécuritaire, manque de longévité, et piètre retour sur les investissements réalisés. Inspirée par la vigueur du développement spontané des arbres sur les remblais de voies ferrées, l'équipe de gestion du patrimoine arboré de voirie a donc décidé d'essayer un nouveau choix constructif basé sur un **mélange terre-pierre**. L'objectif était de reproduire sous les trottoirs les excellentes conditions d'accès à l'oxygène et à l'eau dont jouissent les arbres sur les remblais ferroviaires tout en tirant parti des matrices de pierres pour assurer la portance des surfaces. Il était également important d'utiliser des matériaux disponibles localement et des techniques familières aux entreprises de travaux publics avec lesquelles la municipalité avait l'habitude de travailler.

Lors de l'inventaire, il était apparu qu'Erik Dahlbergsallén, une rue du centre de Stockholm, comprenait 12 marronniers (*Aesculus spp.*) morts. Comme la réfection des revêtements d'Erik Dahlbergsallén était programmée pour l'année, Björn Embrén et son équipe ont choisi cette rue pour tester leurs idées en matière de substrat de plantation. De nouveaux marronniers (*Aesculus hippocastanum Baumannii* - une variété stérile à fleur double) ont donc été plantés en 2004 dans une tranchée continue de 3.5 mètres de large remplie de ce qui

est par la suite devenu connu sous le nom de « **système de Stockholm** », à savoir : une base en mélange terre-pierre surmontée d'une couche d'aération en pierres sèches reliée à la surface par des puits facilitant l'échange gazeux et collectant les eaux de ruissellement. Des rigoles (voir photo ci-dessous) ont été intégrées aux revêtements des trottoirs pour diriger les eaux de pluie des descentes de toits jusqu'aux bouches en fonte couvrant les puits permettant l'infiltration dans l'**espace d'enracinement**.

Dix ans plus tard, les marronniers renouvelés se sont si bien développés qu'ils sont de la même taille, voire plus grands que leurs frères aînés âgés de plus de 80 ans situés sur la même rue et n'ayant pas été remplacés. Le projet a vite été reconnu au sein de la municipalité comme une réussite, ce qui a permis au système de Stockholm de devenir la norme technique pour toutes les plantations effectuées sur les espaces publics. Pour Björn Embrén, le succès rencontré ne tient pas simplement à l'ingéniosité du système et à la logique intégrée qui le sous-tend, mais également à la rigueur avec laquelle ce premier chantier a été mené par ses collègues des services techniques : « *Le chef de chantier a fait l'effort de comprendre les principes de fonctionnement du système et a forcé les entreprises de travaux publics à respecter les spécifications à la lettre, sans prendre de raccourcis... À chaque fois que j'en ai l'opportunité, je l'en remercie car c'est sa rigueur et son attention aux détails qui ont permis à notre prototype de faire ses preuves. Rien de ce que nous avons accompli depuis n'aurait été possible sans cela* ».

Des rigoles dirigent les eaux de ruissellement des trottoirs et des descentes de toits vers les puits connectés à la couche d'aération du substrat d'enracinement. Image : Björn Embrén





Étude de cas n°21
Coed Aber : créer une entrée de ville paysagée pour Aberystwyth

Lieu
 Aberystwyth,
 Pays de Galles

Type de projet
 Développement local

L'idée d'améliorer la route d'accès à Aberystwyth en la bordant d'arbres est née lors d'une marche organisée par le Greener Aberystwyth Group (GAG), une association locale de promotion de l'environnement. Cette idée faisait écho à une inquiétude de l'opinion publique locale à l'égard de la banalisation des paysages générée par les développements intervenus le long de cette entrée de ville au cours de la dernière décennie. Ce manque d'attrait était considéré comme un handicap sérieux pour ce petit centre administratif de bord de mer situé à l'ouest du Pays de Galles dont les revenus dépendent largement de l'activité touristique.

Les études de faisabilité ont été menées par la Forestry Commission (désormais Natural Resources Wales, l'agence de l'Environnement du Pays de Galles) en partenariat avec GAG. Ce travail s'est appuyé sur la réalisation d'une animation vidéo¹⁰³ aidant à se représenter l'impact des plantations proposées. C'est grâce à ces préparatifs que le projet a reçu le soutien du gouvernement Gallois et de la collectivité locale (Ceredigion County Council) qui ont respectivement octroyé 300 000 et 70 000 livres sterling à sa réalisation.

Les plantations réalisées varient au gré des changements de caractère et des contraintes en alliant des groupes d'arbres en cépée, des arbres ponctuels à grand développement, et des plantations d'alignement plus formelles. Cette approche a facilité la diversification des essences.

L'obligation d'utiliser les financements reçus sous un délai de trois ans à hauteur de 100 000 livres par ans a imposé un calendrier serré à l'opération. Les plantations les plus « faciles » (groupes d'arbres en cépée dans des espaces verts) ont été réalisées la première année (2013) autour d'un bassin d'orage et sur les délaissés de voirie situés en périphérie de l'agglomération. Les premières plantations

dans des trottoirs ou autres surfaces portantes plus proches du centre-ville ont été engagées la seconde année (2014). Un segment de voirie longeant un grand parking en attente d'une opération commerciale a été privilégié pour la réalisation d'investissements plus lourds dans les substrats d'enracinement. Sur ce site, les plantations ont été réalisées dans une tranchée continue combinant un **système à caissons** (Stratacell) placé autour des mottes et un **mélange terre-pierre** reliant les matrices de caissons entre elles (voir photo ci-dessous). Cette combinaison a permis de tirer parti des gabions de granit disponibles auprès des carrières locales, une alternative moins onéreuse que le seul recours à un système à caissons sur toute la longueur de l'installation. Le recours au **système de Stockholm** avait été abandonné car le calendrier du projet ne laissait pas suffisamment de temps pour que les puits métalliques et les cadres en béton nécessaires puissent être fabriqués ou qu'un substitut soit trouvé.

En Avril 2014, 150 plantations avaient déjà été réalisées et 80 arbres supplémentaires devaient être plantés d'ici la fin de 2015. Alun Williams, élu en charge des Transports pour Ceredigion County Council tire des conclusions très positives du projet : *« En tant que collectivité, nous essayons d'intégrer nos démarches de planification des transports, d'amélioration de l'environnement et de développement économique. Coed Aber est une excellente illustration de ce qui peut être accompli lorsqu'on travaille dans cet esprit de cohérence ».*

Ci-dessous à gauche : Installation d'un mélange terre-pierre et d'un système à caissons.
Image : Jon Hadlow

Ci-dessous à droite : Quelques semaines après l'achèvement des travaux en mai 2014.
Image : Dafydd Fryer



103

Disponible à :
www.youtube.com/watch?v=ePodgfip2EQ



Étude de cas n°22
Deux arbres et un banc
transforment un carrefour
en une place

Lieu
 Norwich,
 Angleterre

Type de projet
 Développement local

St George's Street est une rue médiévale étroite du centre historique de Norwich. Afin d'améliorer l'accès au quartier piétonnier entourant le château, un petit projet a été lancé pour mettre St George's Street en sens unique et remanier le croisement de cette voie avec St Andrew Street, l'une des rue gravissant les flancs de la colline menant au château. L'un des deux trottoirs de St George Street a été élargi au niveau de l'intersection. Ce simple aménagement introduit une sinuosité dans le tracé de la chaussée qui force les véhicules à ralentir, crée une placette et facilite les traversées piétonnes sur l'axe du château. Deux tulipiers (*Liriodendron tulipifera*) ont été plantés sur la placette au moyen d'un système à caissons (Stratacell) afin de garantir la portance des surfaces sans compromettre le développement des arbres. Un banc s'étire entre les deux arbres, s'enroule partiellement autour de leurs pieds, et offre ainsi aux promeneurs un choix de places à l'ombre ou au soleil ainsi qu'une excellente protection contre les véhicules aux tulipiers. Cet aménagement a été réalisé il y a huit ans, époque à laquelle les systèmes à caissons étaient peu connus. Pour convaincre ses collègues, Mike Volp, alors responsable du service Arbre de la Ville de Norwich a organisé un atelier de démonstration des

méthodes d'installation du système avec le fournisseur pressenti (Greenleaf). Quatre ingénieurs de voirie, trois architectes-paysagistes et trois membres du service de gestion du patrimoine arboré ont participé à cet atelier, et ce n'est qu'à l'issue de ce dernier que le projet a reçu le feu vert des services techniques.

Les tulipiers de St George ont transformé un croisement surdimensionné en un espace public accueillant. Image : Anne Jaluzot



Étude de cas n°23
La construction de la piste cyclable
d'Haaksbergerstraat

Lieu
 Hengelo,
 Pays-Bas

Type de projet
 Voirie

Haaksbergerstraat est la voie d'accès principale à Hengelo, une ville moyenne du nord-est de la Hollande. Haaksbergerstraat est bordée par une allée de plus de 160 tilleuls âgés de 70 ans poussant sur des accotements enherbés. La municipalité a initié en 2007 des travaux réduisant la largeur des bas-côtés pour créer une piste cyclable de chaque côté de la route. Les élagages de racines et les excavations réalisées ont tant affaibli les arbres que deux sont tombés au cours d'une nuit venteuse peu après le début du chantier. Les techniques constructives initialement adoptées ont été modifiées pour introduire un système flottant (en l'occurrence le Sandwich Construction System de Permavoid) qui permet à la fois de protéger les nouvelles surfaces dures de toute déformation par les racines et de réduire l'impact des aménagements sur le substrat d'enracinement et les conditions d'ancrage des tilleuls. Depuis la livraison du projet en 2010, aucune nouvelle chute d'arbre n'est survenue, les tilleuls sont en bonne santé et ne causent pas de conflit avec les infrastructures qui les entourent. Les pistes cyclables qui s'étendent sous leurs houppiers comptent plus de mille usagers par jour. L'installation d'un système flottant sur les deux côtés de la route sur 500 m a coûté 60 000 Euros, soit la moitié de la somme nécessaire à l'abattage des arbres (une option considérée puis abandonnée...).

Ci-dessous : Installation du système flottant en cours (image du haut) et achevée (image du bas). Images : Municipalité de Hengelo





Étude de cas n°24 Une pinède pour la place de la Gare à Apeldoorn

Lieu
Apeldoorn,
Pays-Bas

Type de projet
Espace public

Pour l'aménagement de la place située au pied de sa gare nouvellement rénovée, la ville d'Apeldoorn aux Pays-Bas a souhaité évoquer la forêt de pins du Parc Naturel du Veluwe aux portes duquel elle est située.

Cet aménagement devait fournir une entrée marquante au centre-ville, ménager un accès aux quais et au bâtiment de la gare, être bien éclairé pour assurer de bonnes conditions de sécurité de jour comme de nuit, inviter les promeneurs – qu'ils soient adultes ou enfants – à s'y attarder, et intégrer de manière satisfaisante la piste cyclable la plus fréquentée de la ville. Il était également indispensable que les aménagements permettent l'accès de véhicules lourds tels que camions de pompiers ou grues susceptibles d'être employées pour l'entretien de la gare et des voies ferrées en viaduc.

Le parti d'aménagement épuré et minéral retenu par l'architecte paysagiste Lodewijk Baljon a créé une place concave plantée de 48 pins sylvestres (*Pinus sylvestris*) cernés de grilles de **pied d'arbres** réalisées spécialement pour le projet, et donnant l'impression que les arbres ont craqué le pavage pour sortir de terre (voir image p. 69). Les arbres sont plantés dans un **système à caissons** en béton (Treebox High Performance) installés sur une couche de sable grossier pour éviter les problèmes d'engorgement fréquent dans cette région en raison de la proximité de la nappe phréatique. Les installations de caissons ont été groupées pour former une série d'îlots (voir images p. 109) ménageant une pente douce et très portante, entre la gare, le reste de la ville et le souterrain permettant de passer d'un côté à l'autre des voies ferrées. Des rigoles aident à diriger les eaux de ruissellement vers le pied des arbres.

Pour gagner du temps et de l'argent, l'installation du **système à caissons** en béton a été réalisée par l'entreprise en charge du reste des travaux de génie civil pour le projet. L'équipe a travaillé sous la supervision d'un représentant du fabricant du système de caissons (Permavoid Ltd).

Inauguré en Mars 2006, cet aménagement a été salué par le Dutch Design Award en 2008 et le German Design Price en 2010. Plus de huit ans après la fin des travaux, les 48 pins sont en excellente santé et la place est devenue l'un des espaces publics les plus animés de la ville.

La pinède de la place de la Gare à Apeldoorn.
Images : Jeremy Barrell





Étude de cas n°25 Lidl tire parti des arbres pour gérer les eaux du pluie de son parking

Lieu
New Forest,
Angleterre

Type de projet
Développement local

L'ouverture d'un hypermarché Lidl à New Milton en Décembre 2010 a apporté 40 nouveaux emplois, une offre commerciale élargie et cinq nouveaux platanes (*Platanus x hispanica*) dotés d'excellentes conditions de développement à cette petite ville du Hampshire. Dès la première réunion préalable au dépôt de la demande de permis de construire, Liz Beckett, l'agent chargée des arbres et des questions de paysage au sein du service d'urbanisme du New Forest District Council, a indiqué que compte tenu de l'étendue des surfaces de parking envisagées, l'intégration d'arbres à grand développement serait exigée. Liz Beckett a aussi d'emblée précisé qu'un minimum de 20 m³ de substrat d'enracinement non compacté serait à fournir pour chaque arbre et que la solution retenue devait également être exploitée pour la gestion durable des eaux de pluie. Les services d'urbanisme et le représentant de Lidl se sont accordés sur le principe d'un recours à un **système à caissons** (Silva Cell) alimenté par les eaux de ruissellement du toit de 800 m² de l'hypermarché projeté. Ces principes ont été retranscrits de manière détaillée dans les conditions spéciales assorties au volet paysager de l'autorisation de construire. Les services d'urbanisme de la collectivité ont aussi veillé à allouer le temps nécessaire pour des visites de contrôle du chantier.

En faisant le bilan de ce projet, Liz a regretté d'avoir omis d'imposer un arrosage des jeunes plants durant les deux premières saisons de croissance. Le premier printemps suivant la livraison du projet a été sec et la reprise des jeunes arbres s'en est trouvée considérablement ralentie. « *S'ils avaient été plantés dans des conditions moins favorables, il ne fait aucun doute que les arbres seraient morts* » commente Liz. Une fois l'arrivée des premières précipitations, la croissance des

arbres a repris et le dispositif de gestion des eaux de pluie s'est avéré efficace. Les eaux de ruissellement sont d'abord recueillies dans un avaloir pour dissiper l'énergie accumulée le long de la descente du toit avant d'être transférées par gravité jusqu'au substrat d'enracinement des arbres. Après infiltration dans le substrat, l'excès d'eau est collecté dans un réservoir enterré. Lorsque ce dernier atteint un niveau maximum prédéterminé, son contenu est automatiquement reversé dans le réseau d'assainissement conventionnel au moyen d'une pompe. Un trop-plein existe également en surface pour permettre, en cas d'engorgement, un débordement dans le parking et le réseau d'assainissement conventionnel.

Ci-dessous, en haut : conduite amenant les eaux du toit vers l'espace d'enracinement équipé d'un système à caissons. Image : Jeremy Barrell

Ci-dessous, en bas : Le projet terminé, doté d'un revêtement en asphalté perméable. Image : Liz Beckett





Hornsgatan s'étire sur plus de 2 km au sud du cœur historique de Stockholm. Les 27 000 véhicules qui l'empruntent chaque jour génèrent des problèmes de pollution atmosphérique : les taux de concentration de matières particulaires (PM10) excédaient régulièrement jusqu'à une date récente les normes réglementaires fixées par l'Union Européenne. Un projet de « requalification environnementale » a donc été lancé visant à réduire les problèmes de pollution, améliorer les infrastructures vélo, et redynamiser le commerce. Ces deux derniers objectifs sont devenus les moteurs principaux du projet lorsque, suite à l'adoption d'une interdiction des pneus cloutés, la qualité de l'air s'est améliorée. Le projet retenu prévoyait d'élargir les trottoirs d'un mètre, de planter 300 arbres et de créer un aménagement cyclable continu (des statistiques d'accidents déplorables avaient mis en évidence le caractère inadéquat des aménagements discontinus existant).

L'espace souterrain été réaménagé afin de réaliser ces ambitions. Tous les gestionnaires de réseaux ayant des ouvrages enterrés le long de la rue ont été invités à des réunions de concertation sur les relocalisations nécessaires. Le remplacement de certains ouvrages, comme les canalisations de gaz âgées de plus de 100 ans, était déjà prévu par leur gestionnaire. Le projet a ainsi permis de coordonner la remise à neuf de plusieurs infrastructures dans le cadre d'une seule opération. Les relocalisations et réhabilitations des réseaux ont dégagé l'espace nécessaire à la réalisation d'une tranchée continue pour planter les arbres

dans le respect des principes du **système de Stockholm** (voir pp. 101-106) – à savoir : dans un **mélange terre-pierre** couplé à une couche d'aération en pierres sèches connectée à la surface par des puits assurant l'échange gazeux et l'approvisionnement en eau issue du ruissellement sur les toitures, les trottoirs et la piste cyclable avoisinants.

En réponse à l'objectif initial d'amélioration de la pollution de l'air, c'est une essence efficace pour éliminer les particules en suspension dans l'air (pins sylvestres – *Pinus sylvestris*) qui avait été proposée. Les objectifs du projet ayant évolué, le choix s'est reporté sur des ginkgos (*Ginkgo biloba*) en raison de leur bonne tolérance à la pollution atmosphérique et de leur capacité à absorber le monoxyde de carbone. Même si les niveaux de pollutions sur Hornsgatan n'excèdent plus les limites réglementaires, ils n'en restent pas moins élevés. Le ginkgo a aussi été choisi pour son port ramassé, afin d'éviter tout conflit avec les façades des immeubles et les enseignes des commerces. Les plantations ont été initiées en 2010 et se sont terminées fin 2014, suite à une extension du projet suscitée par l'enthousiasme des riverains.

Ci-dessous, à gauche : une rigole facilite la collecte et l'écoulement des eaux de pluie vers les puits connectés au substrat d'enracinement. Image : Anne Jaluzot

Ci-dessous à droite : les ginkgos implantés ici entre la chaussée et la piste cyclable se développent vigoureusement. Image : Björn Embrén





Étude de cas n°27 Créer des liaisons vertes dans le quartier d'East Walworth

Lieu
Southwark, Londres,
Angleterre

Type de projet
Gestion de l'eau

Le projet « Liaison verte » du quartier d'East Walworth dans la banlieue sud de Londres vise à introduire des jardins de pluie dans les rues résidentielles afin d'accompagner le développement de la marche et du vélo. L'idée de développer une série de routes attrayantes au sein de la commune avait initialement été portée par le milieu associatif avant d'être intégrée dans les politiques d'aménagement du London Borough of Southwark.

Dans East Walworth, la liaison verte relie des espaces verts existants (Burgess Park et Salisbury Row Park) en empruntant une série de petites rues, de passages et de délaissés goudronnés qui abondent dans les espaces extérieurs entourant les ensembles de logements sociaux. Comme pour toutes les autres routes réalisées dans le cadre de ce programme, les aménagements reposent sur une réfection des revêtements, un réalignement des trottoirs et l'introduction de végétation – et tout particulièrement d'arbres. Dans East Walworth toutefois, l'équipe souhaitait tirer parti des chicanes paysagées prévues sur Bagshot, Kinglake et Huntsman Streets pour tester des techniques de collecte des eaux de ruissellement de la chaussée. L'objectif était de développer en interne les savoirs sur les procédés de mise en œuvre et les coûts.

Là où des arbres ont été intégrés aux jardins de pluie réalisés, un **mélange terre-pierre** a été employé pour étendre la **zone d'enracinement** sous les trottoirs, assurer un bon drainage, et maximiser les capacités de stockage et d'infiltration de l'eau. Le substrat de plantation riche en sable utilisé pour les plantes herbacées tapissant les jardins de pluie repose directement sur le mélange terre-pierre. Les conseils d'un spécialiste ont été sollicités pour choisir des plantes à la fois robustes et efficaces pour la filtration de l'eau.

Le retour des riverains, y compris des petits commerces de Huntsman Street, sur le projet a été positif : les communautés locales ont été séduites par la nouvelle apparence de leurs rues. Sur le plan technique, l'équipe de projet a beaucoup appris. Par exemple le tassement escompté au cours des premiers mois suivant la livraison en novembre 2013 n'a pas été aussi important que prévu, et en conséquence, le niveau de certaines **noues** a dû être ajusté. Un programme de **parachèvement et confortement** a été mis en place pour une durée de cinq ans avec les services d'entretien de la commune. **Taille de formation** et arrosage régulier figurent parmi les spécifications de ce programme de soins culturels dont le coût est couvert par le budget d'investissement du projet.

Chicanes avec jardins de pluie le long de Bagshot Street. Images : Anne Jaluzot





Étude de cas n°28
Thames Water parraine le
verdissement du quartier
de Counters Creek

Lieu
Londres,
Angleterre

Type de projet
Gestion de l'eau

Counters Creek est l'une des nombreuses « rivières perdues » de Londres, ces affluents de la Tamise progressivement avalés puis enfouis par l'urbanisation, au point de se confondre tout à fait aujourd'hui avec le réseau d'assainissement unitaire. La densification intervenue entre les années 70 et 2007 dans le bassin versant de Counters Creek dans le sud-ouest de Londres, a conduit à une perte de 20% d'espaces verts. Cette densification s'est traduite par une imperméabilisation des paysages et un développement des constructions en sous-sol qui atteignent souvent la profondeur à laquelle se trouve le réseau d'assainissement. En conséquence, plus de 2000 propriétés sont exposées au risque de refoulement d'égouts. Pour résoudre ce problème, Thames Water (le concessionnaire du service de l'eau dans le Grand Londres) a initié un programme d'investissement de 250 millions de livres sterling pour améliorer les infrastructures d'assainissement conventionnelles (nouveau « super égout », reprises d'égout existants avec installation de pompes, etc.) et développer, en surface, la **gestion alternative des eaux de pluie**.

Concernant ce second aspect, l'objectif est de tester différentes techniques à la fois dans le domaine privé (toitures végétalisées, citernes pluviales, jardins de pluie dans les jardins privés), et dans le domaine public, particulièrement sur la voirie (revêtements

perméables, jardins de pluie, **noues**, etc.). Les résultats feront l'objet d'un suivi afin d'identifier les solutions les plus efficaces et faciles à mettre en œuvre puis d'accélérer leur diffusion. Les premières installations ont eu lieu durant l'hiver 2014-15. Des capteurs sont en place depuis 2012 dans les égouts desservant les secteurs concernés afin de disposer de bonnes données sur « l'avant ».

L'une de ces interventions doit avoir lieu sur Melina Road, une rue partiellement piétonne bordée de maisons de ville et d'une école primaire dans le London Borough of Hammersmith and Fulham. La **zone de protection des racines** des arbres ombrageant Melina Road doit être reprise pour installer un revêtement perméable. Les aménagements doivent également inclure des jardins de pluie dont le substrat sera équipé d'un **système flottant**, et certains plantés d'arbres. Thames Water finance et gère la mise en œuvre de ces aménagements en travaillant avec le concessionnaire de travaux publics de la commune. Cet arrangement vise à éviter les problèmes de transfert des connaissances et de gestion à la réception du chantier.

Rendu des aménagements proposés pour Melina Road. Image : Thames Water





Checklist

L'aménagement de l'espace souterrain est-il adapté aux besoins et ambitions du projet ?

Chargé de l'urbanisme,

avez-vous...

- Veillé, lorsque le contexte l'impose, à explicitement exiger dans les conditions spéciales associées au volet paysage d'une autorisation d'urbanisme le recours à un système d'enracinement portant pour les arbres ?
- Veillé, lorsque le contexte s'y prête, à inclure dans les conditions spéciales et les clauses liées aux réseaux figurant aux autorisations d'urbanisme le principe de l'utilisation de technologie de canalisation résistante à l'intrusion des racines et/ou la réalisation d'ouvrages partagés assurant un regroupement et un accès facile aux réseaux enterrés ?
- Mis en œuvre les mesures de contrôle permettant de vérifier le respect du volet paysage du permis, et tout particulièrement des conditions spéciales relatives à la plantation et à la protection des arbres ?

Chef de projet,

avez-vous...

- Cultivé une pratique de l'échange au sein de l'équipe de projet à même d'assurer que l'ensemble de ses membres aient connaissance des principes fondamentaux à respecter pour garantir le bon développement des arbres ?
- Cultivé une pratique de l'échange au sein de l'équipe de projet à même d'assurer que l'ensemble de ses membres aient connaissance des besoins de portance et des conditions d'accès aux réseaux à satisfaire pour les surfaces dures présentes autour des arbres du projet ?
- Vérifié que le budget prévisionnel de l'opération est bien à même de couvrir l'ensemble des aménagements prévus, y compris ceux relatifs à l'espace souterrain ?
- Anticipé les besoins de formation ainsi que les implications sur l'ordonnancement des travaux et les passations de commandes résultant de l'intégration de systèmes d'enracinement portants au projet ?
- Vérifié que les mesures requises pour les **zones de protection des racines** et autres dispositifs de protection liés aux arbres et aux sols sont bien mises en œuvre tout au long du chantier ?

Concepteur(s),

avez-vous...

Veillé à la qualité des espaces d'enracinement des arbres en prenant garde de :

- Respecter la norme applicable (au Royaume-Uni, le BS 8545:2014) ?
- Examiner si le recours à un système d'enracinement portant est nécessaire ?
- Mettre à jour vos connaissances des systèmes d'enracinement portants et des retours d'expérience sur leur efficacité dans différents contextes, avant de choisir l'un d'entre eux ?
- Anticiper les besoins de formation, et les implications en matière de passation de commandes, ainsi que d'ordonnancement des travaux résultant de ce choix ?
- Anticiper les implications des zones de protection des racines et autres mesures de protection des arbres et des sols sur la conduite du chantier ?
- Spécifier le recours à des techniques non invasives pour toute excavation devant avoir lieu autour d'arbres devant être maintenus ?



Intégré les besoins des infrastructures dans les choix relatifs aux arbres en veillant à :

- Choisir des essences adaptées pour les plantations réalisées à proximité du réseau d'assainissement ou dans des secteurs à sol rétractable ?
- Respecter les principes définis dans les normes et référentiels applicables (au Royaume-Uni, les *Standards* du NHBC) pour les fondations de nouveaux bâtiments implantés à proximité d'arbres dans des secteurs à sol rétractable ?
- Suivre les conseils présentés dans ce guide pour éviter ou remédier aux conflits entre racines d'arbres et revêtements de surface dure ?
- Suivre les recommandations des référentiels applicables (au Royaume-Uni, le volume 4 des *NJUG Guidelines*) et prévoir aussi souvent que possible le recours aux galeries partagées ou aux tranchées communes ?
- Tirer parti des arbres pour la gestion des eaux de pluie ?

Spécialiste de l'arbre,

avez-vous...

- Fait référence aux référentiels applicables (au Royaume-Uni, la norme BS 8545:2014) pour guider les choix relatifs au dimensionnement et à la qualité du substrat d'enracinement ?
- Veillé à faciliter l'accès de l'équipe de projet à l'expertise nécessaire sur les techniques disponibles pour améliorer la portance des zones d'enracinement ?
- Établi, documenté et communiqué à l'équipe de projet – et tout particulièrement au chef de chantier – les mesures de protection à prendre pour les arbres à proximité desquels des travaux doivent avoir lieu ?
- Vérifié que les principes figurant dans le(s) référentiel(s) relatif(s) à la conduite de travaux sur des réseaux enterrés à proximité des arbres (au Royaume-Uni, le volume 4 des *NJUG Guidelines*) sont bien respectés ?
- Travaillé avec le(s) concepteur(s) pour confirmer la faisabilité et l'efficacité des aspects relatifs aux arbres dans le projet détaillé, des solutions constructives et le programme de travaux ?

Ingénieur de voirie,

avez-vous...

- Vérifié et communiqué les besoins de portance requis pour les surfaces se trouvant à proximité des arbres existants et proposés ?
- Sollicité les conseils d'un spécialiste de l'arbre sur les techniques disponibles pour améliorer la portance des zones d'enracinement des arbres et prévenir les conflits entre racines et revêtements de surface ?
- Vérifié que l'ensemble des propositions retenues pour les espaces de voirie du projet satisferont les critères de la collectivité pour la reprise de voirie ?



Références



Document ou ressource non technique



Document ou ressource pour professionnel



Document ou ressource de nature académique

Les besoins des arbres en ville



Urban, J. (2008), *Up By Roots: Healthy Soils and Trees in the Built Environment*, International Society of Arboriculture, Illinois.



British Standard 8545:2014 Trees: from nursery to independence in the landscape – Recommendations, British Standards Institution, Londres.



Roberts, J., Jackson, N. et Smith, M. (2006), *Tree Roots in the Built Environment. Research for Amenity Trees No 8*, The Stationary Office, Londres.



Trowbridge, P.J. et Bassuk, N.L. (2004), *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design, and Installation*, Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

Portance et non-compaction



Alvem, B.M. et autres (2009), *Planting Beds in the City of Stockholm: A Handbook*, Municipality of Stockholm, Stockholm.
http://offlinehbpl.hbpl.co.uk/NewsAttachments/WOH/100322%20GH_HB%20STHLM%20-%20Engelsk%20version.pdf



Smiley, E.T. et autres (2006), « Comparison of Structural and Noncompacted Soils for Trees Surrounded by Pavement », *Arboriculture & Urban Forestry* 32(4): 164-169.



Couenberg, E. (1998), « Urban tree soil and tree pit design », Neely, D. et Watson, G.W. (éd.) *The Landscape Below Ground II: Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils*, International Society of Arboriculture, Champaign, Illinois.

Racines et intégrité des surfaces



Smiley, T. (2008), « Comparison of Methods to Reduce Sidewalk Damage from Tree Roots », *Arboriculture & Urban Forestry* 34(3):179-183.



Costello, L.R. et Jones, K.S. (2003), *Reducing infrastructure damage by the tree roots: a compendium of stratégies*, Western Chapter of the International Society of Arboriculture, Cohasset, California.



Morgenroth, J. (2008), « A Review of Root Barrier Research », *Arboriculture & Urban Forestry* 34(2):84-88.

Subsidence et sols rétractables



Driscoll, R. et Skinner, H. (2007), *Subsidence Damage to Domestic Buildings: A guide to good technical practice*, BRE Trust, Watford.



Holmes, M. (2013), *The Subsidence Handbook: A Practical Guide to subsidence in domestic property, 4th Edition*, DAC Beachcroft et The Subsidence Forum, Londres.





IStructE (2000), *Subsidence of Low-Rise Buildings, (second edition) A Guide for Professionals and Property Owners*, Institution of Structural Engineers, Londres.



NHBC (2014), *Standards*, NHBC, Milton Keynes.



London Tree Officers Association (2008), *The Risk Limitation Strategy for Tree Root Claims*, LTOA, Londres.
www.ltoa.org.uk/resources/risk-limitation-strategy

Réseaux enterrés



Ridgers, D., Rolf, K. et Stål, O. (2008), « Management and planning solutions to modern PVC-and concrete sewer pipes' lack of resistance to root penetration », *Improving relations between technical infrastructure and vegetation: Final scientific report, Final Report COST Action C15*, COST, Bruxelles.
http://w3.cost.eu/fileadmin/domain_files/TUD/Action_C15/final_report/final_report-C15.pdf



NJUG (2007), *Guidelines for the Planning, Installation and Maintenance of Utility Apparatus in Proximity to Trees*, NJUG publication volume 4, NJUG, Londres.
www.njug.org.uk/publications



NJUG (2007), *Guidelines for the Planning, Installation and Maintenance of Utility Apparatus in Proximity to Trees - Operatives Handbook*, NJUG publication volume 4, NJUG, Londres.
www.njug.org.uk/publications



Stål, Ö. (1998), « The interaction of tree roots and sewers: the Swedish experience », *Arboricultural Journal* 22, 359-367.

Gestion durable des eaux de pluie



CIRIA (2015), *SuDS Manual (C753)*, CIRIA, Londres.
www.ciria.org/Resources/Free_publications/SuDS_manual_C753.aspx



Stone Environmental (2014), *Stormwater Management Benefits of Trees, Final Report*, Stone Environmental for Urban and Community Forestry, Vermont Department of Forests, Parks, and Recreation, Vermont.
www.vtwaterquality.org/stormwater/docs/sw_gi_tree_benefits_final.pdf



Facility for Advancing Water Biofiltration (2008), *Guidelines for Soil Filter Media in Bioretention Systems (Version 2.01)*, FAWB, Monash.
www.monash.edu.au/fawb/publications/index.html



Facility for Advancing Water Biofiltration (2008), *Rain garden and bioretention tree pits maintenance plan example*, FAWB, Monash.
www.monash.edu.au/fawb/publications/index.html



Davis, A.P. et autres (2009), « Bioretention Technology: An Overview of Current Practice and Future Needs », *J. Environ. Eng, ASCE*. 135(3) 109-117.



Metro (2002), *Trees for green streets: an illustrated guide*, Metro, Portland.
<http://www.oregonmetro.gov/tools-partners/guides-and-tools/guide-safe-and-healthy-streets>

Choisir le bon arbre



	Poser les questions qui stimulent les bonnes réponses	140
4.1	Évaluer les contraintes du site	142
4.2	Veiller à la résilience de la population d'arbres	144
4.3	Intégrer les critères fonctionnels et esthétiques	145
4.4	Définir des options et consulter pour le choix final	145
4.5	Passer du choix d'essence aux spécifications de commande	146
4.6	Réception, manutention et stockage temporaire	148
	Études de cas	149
	Checklist	154
	Références	155
	Annuaire des études de cas	156
	Glossaire	158
	Index	160
	Remerciements	162
	Financements	164
	Postface	165



Choisir le bon arbre

Poser les questions qui stimulent les bonnes réponses

Le choix d'essence ne peut à lui seul compenser un parti d'aménagement médiocre ou des spécifications inappropriées pour le substrat d'enracinement. Il constitue néanmoins un facteur déterminant pour la réussite d'un projet.

La tentation est forte de simplement vouloir une liste d'essences d'arbres « recommandées » ou « sûres » pour les plantations urbaines. Ce type de listes est loin d'être aussi productif qu'il y paraît : elles n'offrent le plus souvent qu'une gamme de choix trop limitée, conduisant aux situations de monoculture et de vulnérabilité aux maladies et aux parasites qui caractérisent si fréquemment le patrimoine arboré de nos villes aujourd'hui.

La diversification et l'adaptation des essences aux changements climatiques constituent des enjeux décisifs. Le choix d'essences susceptibles de bien s'intégrer au contexte d'une rue, d'une place, d'un parking ou de tout autre paysage urbain est en réalité bien plus grand qu'on ne le pense habituellement.

La multiplicité des combinaisons possibles des facteurs à prendre en compte pour choisir une essence est telle qu'une analyse au cas par cas, bénéficiant des conseils d'un spécialiste de l'arbre, constitue incontestablement l'approche la plus efficace.

Objectifs

Ce chapitre se concentre sur les paramètres à connaître pour s'assurer que l'arbre planté satisfasse aux exigences d'un projet. Il propose :

- Un cadre décisionnel, structuré en cinq étapes, pour guider le choix d'essence.
- Un résumé des paramètres de conditionnement, de formation, de stockage et de manutention à spécifier pour obtenir un jeune arbre de qualité et en bonne santé.

Applicabilité

Le contenu de ce chapitre est tout particulièrement susceptible d'affecter :

- La matrice de critères retenue pour sélectionner les essences.
- Les documents de spécifications pour l'achat des arbres.

Bénéfices

Les bénéfices recherchés sont les suivants :

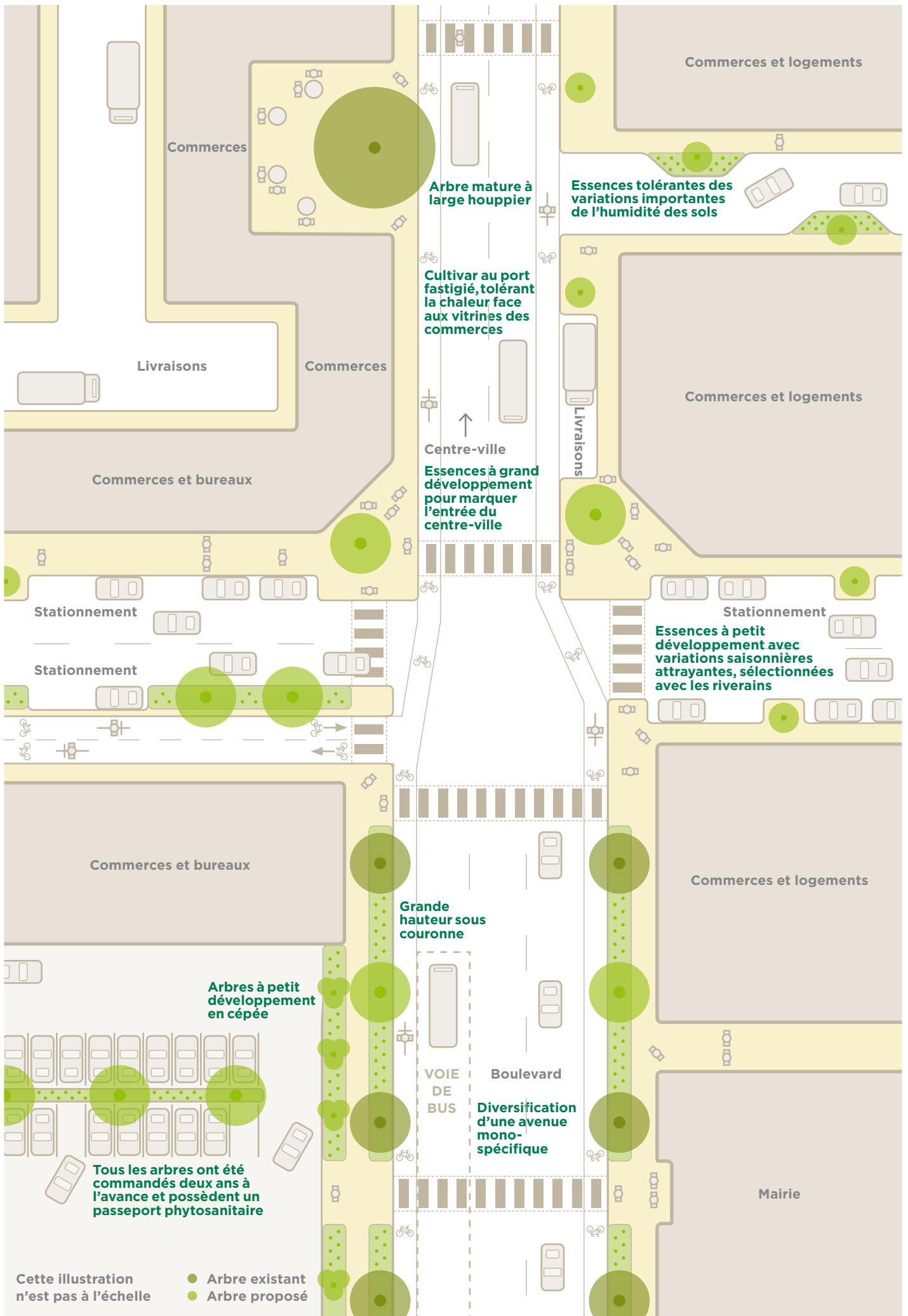
- Avoir « le bon arbre au bon endroit ».
- Améliorer la résistance de la **population d'arbres** aux épidémies et aux parasites.

Le choix d'essence est le fruit d'une démarche itérative

Le schéma ci-contre illustre comment le choix des essences est guidé par les contraintes du site, les objectifs du projet et les bienfaits attendus des arbres. Une diversité d'essences

ainsi que des plants de bonne qualité sont employés pour assurer la longévité des investissements réalisés.







4.1 Évaluer les contraintes du site

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Évaluer les caractéristiques du site susceptibles d'affecter la santé, les risques de conflits, les risques de nuisances et les capacités de gestion relatifs aux arbres.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Veiller à influencer autant que possible les principes d'aménagement retenus pour créer des conditions favorables à l'intégration des arbres. Ne pas tenir les contraintes pour acquises.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Des facteurs multiples et souvent imbriqués sont à prendre en compte pour bien choisir les arbres.

Chaque essence présente ses propres caractéristiques qui la rendent plus ou moins apte pour un site donné. Ces caractéristiques et tolérances sont liées aux conditions climatiques et pédologiques des régions dans lesquelles elles poussent à l'état naturel. Il est utile de connaître cette origine car la ville concentre souvent en son sein des microclimats et milieux qui n'ont rien à voir avec ceux des campagnes et paysages naturels situés alentours.

Le développement et la survie d'un arbre dépendent de l'environnement dans lequel il est planté et les nombreuses contraintes imposées par le milieu urbain ont un impact majeur. Il est en conséquence essentiel de prendre en compte dans l'analyse du site :

- **Les caractéristiques du sol** : structure, texture et composition, à déterminer par une analyse pédologique.
- **Le degré de compaction du sol** : un facteur inhibant la croissance des racines, l'échange gazeux et l'infiltration de l'eau.
- **Le pH du sol** : affecte la capacité de l'arbre à tirer parti des éléments nutritifs présents dans le sol. En ville, le pH est souvent basique, ce qui réduit le choix d'essences. Les pierres employées pour un **mélange terre-pierre** peuvent affecter le pH du substrat de plantation (voir para. 3.2.1).
- **La disponibilité et le mouvement de l'eau** : ces paramètres sont influencés par la structure du sol et la technique d'arrosage choisie. Les conditions qui prévalent en ville tendent à être sèches – le degré de tolérance à la sécheresse est donc un critère important pour le choix des essences. Là où les arbres sont intégrés à des dispositifs de gestion des eaux de pluie, les essences choisies doivent également pouvoir tolérer des sols temporairement engorgés. Les essences poussant naturellement dans les fonds de rivière présentent souvent la capacité de tolérer pénurie et abondance d'eau.
- **La température ambiante** : le phénomène d'îlot de chaleur conduit à une augmentation artificielle des températures en ville, quelle que soit la zone climatique concernée. Les façades en verre ou les murs peuvent également générer une surchauffe localisée (voir para. 2.5.4).

- **La luminosité et l'ombre** : ces paramètres sont influencés par la hauteur des bâtiments ainsi que la largeur et l'orientation des rues. Toutes les essences ne sont pas capables de supporter l'ombre permanente.
- **Les pollutions** : les arbres bordant des grandes voies fréquentées sont très exposés à la pollution atmosphérique. Toutes les essences ne sont pas capables de tolérer ce type d'exposition. Les arbres en ville sont également susceptibles d'être exposés au sel de déneigement. Le choix d'espèces tolérant les embruns et/ou des sols salins s'avère alors parfois nécessaire (voir para. 2.6.3).
- **Le vent** : les grands immeubles sont susceptibles de créer un effet de tunnel influençant la vitesse du vent et la formation de turbulences. Le vent accélère la perte d'eau par les arbres, il est donc souhaitable de choisir des arbres tolérant la sécheresse pour les sites ventés.

Les autres contraintes à prendre en compte sont relatives aux risques de conflits et de nuisance. Ces aspects exigent une analyse de :

- **L'espace aérien et souterrain disponible** : voir les para. 2.1.1 et 2.3.
- **L'intensité des usages autour et sous l'arbre** : les essences ayant une propension à perdre des branches ou à se détériorer très rapidement en cas de blessure sont à proscrire dans les espaces très fréquentés (voir para. 2.5.1).
- **La présence de sols rétractables** : dans ce contexte, il est impératif d'éviter les essences ayant une forte consommation d'eau (voir para. 3.3.4).
- **La proximité de réseaux d'assainissement** : voir le paragraphe 3.4.3.
- **La tolérance pour les déchets** (fruits et fleurs tombés, miellat) : voir le paragraphe 2.6.1.
- **La sensibilité aux pollens** : la plupart des allergies sont spécifiques à un type d'arbres ou au cultivar mâle de certaines essences (voir 2.5.2).

Choisir « le bon arbre » exige d'examiner l'ensemble des facteurs énumérés ci-dessus au regard des tolérances et caractéristiques des différentes essences et de leurs cultivars. La tendance est souvent de se rabattre sur un choix limité d'arbres ayant « fait leurs preuves ».

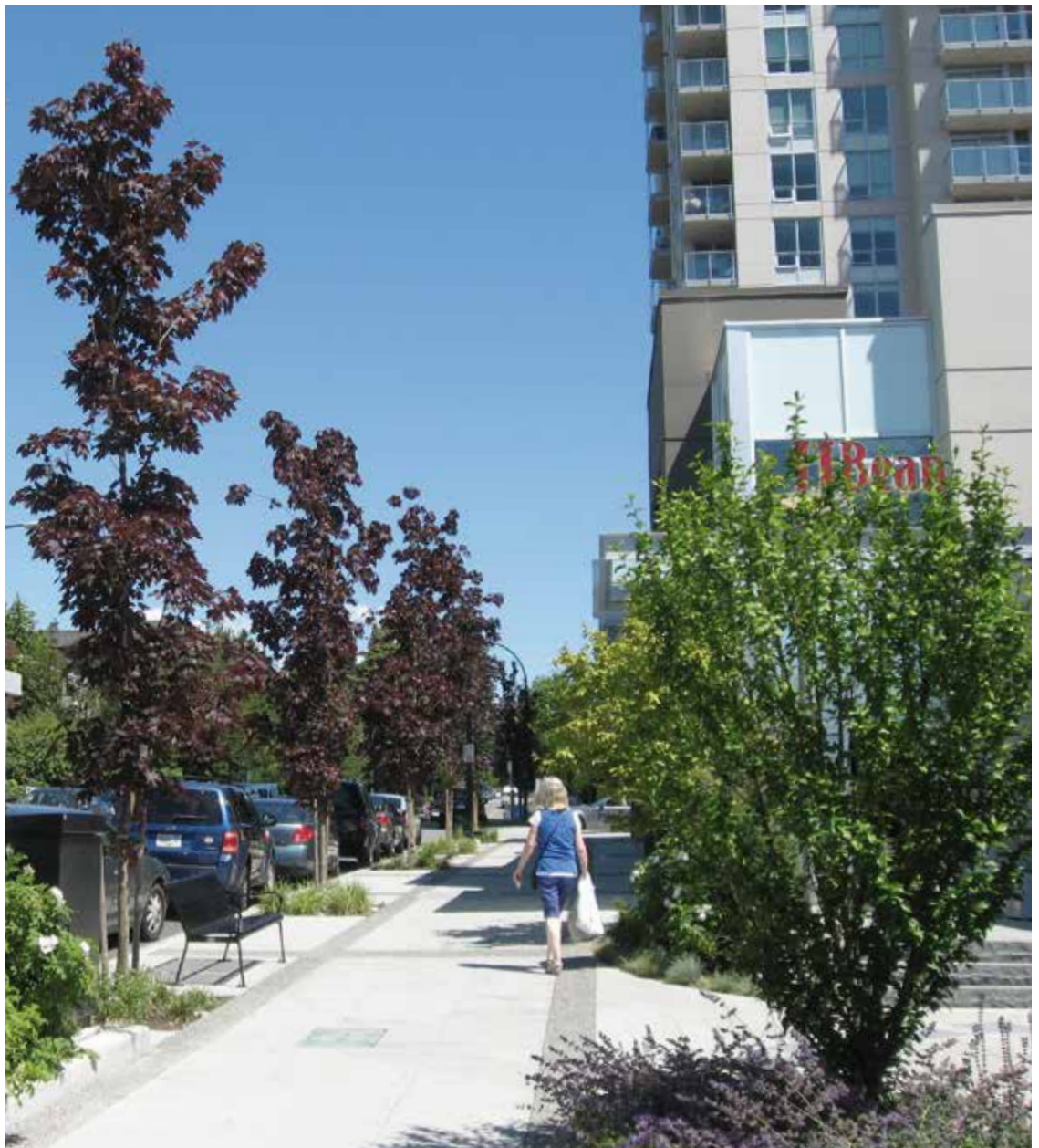


Compte tenu de la longévité des arbres lorsqu'ils ont été bien choisis et bien plantés, il est important de garder à l'esprit que les projections climatiques pour la deuxième moitié du XXI^e anticipent des étés plus chauds et secs, des hivers moins froids et plus humides ainsi qu'un risque accru d'événements météorologiques extrêmes tels que vagues de chaleur, tempêtes et pluies diluviennes. En réponse à ces évolutions, il est souhaitable, comme il l'a déjà été souligné plus haut, de préférer des espèces tolérant la sécheresse et les vagues de chaleur. D'autres stress liés aux changements climatiques incluent l'aire de diffusion des maladies et des parasites. Au Royaume-Uni, la base de données « Right Trees for a Changing Climate »¹⁰⁴ (littéralement : Le bon arbre pour un climat qui change) constitue la ressource en ligne la plus exhaustive sur la capacité des essences à s'adapter au climat prévu pour les îles britanniques pour la seconde moitié du siècle.



104

Disponible à :
www.righttrees4cc.org.uk



Les arbres sont utilisés pour la gestion des eaux de pluie dans ce nouveau quartier résidentiel de Vancouver.

Image : DeepRoot Green infrastructure LLC





4.2 Veiller à la résilience de la population d'arbres

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Contribuer à la diversification des essences. Idéalement aucune ne devrait représenter plus de 10% de l'ensemble.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Penser à utiliser des essences ayant des taux de croissance et des durées de vie différents.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Vérifier que les essences envisagées ne figurent pas sur la liste des plantes exotiques envahissantes identifiées par les autorités nationales compétentes (au Royaume-Uni, le Great Britain Non-Native Secretariat) ou la liste des espèces envahissantes préoccupantes dressée par l'Union Européenne.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

«*La diversité des essences est indispensable à nos forêts urbaines non seulement pour nous prévenir du risque de dévastation telle que celle encourue suite à la graphiose de l'orme, mais aussi pour réussir à avoir 'le bon arbre au bon endroit' au fur et à mesure que la ville se développe et évolue dans ses besoins*».

Frank S Santamour

Le recours à une palette limitée d'essences est néfaste pour la **population d'arbres** dans son ensemble. La dépendance envers un nombre restreint d'espèces accroît considérablement la vulnérabilité de la **forêt urbaine** aux maladies et aux parasites. En bouleversant les aires de diffusion des pathogènes et des pestes tout en contribuant à l'apparition de nouvelles maladies, les changements climatiques en cours accentuent la vulnérabilité aux épidémies résultant du manque de diversité. Le choix des essences à l'échelle d'un projet a donc un impact sur la résilience de l'ensemble de la **population d'arbres** locale. Pour que cet impact soit positif, il est important de veiller à respecter les principes suivants :

- **La règle des 5-10% pour la diversité des essences** : la recherche¹⁰⁵ indique que pour préserver une **population d'arbres** des épidémies dévastatrices, il est souhaitable qu'aucune essence ne représente plus de 5% à 10% de l'ensemble. Au Royaume-Uni, ce principe est reflété dans la norme BS 8545:2014. Comme l'illustre l'étude de cas n°31 p. 151, l'échelle la plus adaptée pour mettre en œuvre ce principe est celui de l'agglomération. Les décisions prises à l'échelle d'un projet, d'un quartier ou d'une municipalité doivent contribuer à cet objectif d'ensemble.
- **La diversification des profils d'âge** : les arbres plantés en ville n'ont pas tous

vocation à vivre une centaine d'années. Compte tenu des évolutions rapides qui les caractérisent, les villes offrent certains espaces de plantation pour lesquels le choix d'essences à courte durée de vie est adapté. Lorsque combinées avec des essences à croissance plus lente et à durée de vie plus longue, les essences à croissance rapide aident à maximiser et à maintenir le taux de **couverture arborée**.

- **Le respect des restrictions relatives aux plantes exotiques invasives** : si les essences exotiques peuvent constituer un choix approprié aux microclimats qui caractérisent les espaces minéraux des villes, celles qui sont à la fois **exotiques et envahissantes** représentent en revanche un danger pour les écosystèmes, l'économie et la santé publique locale. En Grande Bretagne, les informations sur les espèces qu'il est interdit d'importer ou de planter sont disponibles auprès du Great Britain Non Native Secretariat¹⁰⁶. En France, on peut se référer au Code de conduite professionnel plantes exotiques envahissantes¹⁰⁷. Courant 2016, l'Union Européenne doit également publier une liste des espèces « envahissantes et préoccupantes »¹⁰⁸. Il est recommandé de consulter ces sources avant d'arrêter son choix d'essence.



105

Santamour, F.S. (1990), « Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense », *USDA, Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*, Lisle, Illinois.

106

Disponible à : www.nonnativespecies.org/home/index.cfm

107

Disponible à : www.codeplant.esenvahissantes.fr

108

Pour plus d'information, consulter : http://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/index_en.htm



4.3 Intégrer les critères fonctionnels et esthétiques

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Prendre en compte les bienfaits attendus de l'arbre (par exemple : réduction des PM10, habitat pour la faune, etc.)	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Prendre en compte les attentes esthétiques (forme, densité, texture de la couronne, couleur du feuillage, aspect de l'écorce, variations saisonnières, etc.)	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Chaque essence et cultivar présentent des caractéristiques esthétiques qui leurs sont propres : forme, densité, texture de la couronne, couleur du feuillage, aspect de l'écorce, variations saisonnières, etc. Il est néanmoins important de veiller à ce que ces considérations esthétiques ne dominent pas la réflexion aux dépens d'une bonne prise en compte des contraintes du site (voir para. 4.1 et l'étude de cas n°30 p. 150). Un choix d'essence ne donnant pas priorité à l'adaptation à ces contraintes est voué à l'échec.

Outre leur valeur esthétique, les arbres sont susceptibles de rendre une vaste gamme de services tels que l'absorption de polluants atmosphériques, la mise à disposition d'un habitat et de nourriture pour la faune, l'interception des eaux de pluie, etc. Chaque essence dispose là encore de capacités différentes. Identifier les bienfaits attendus des arbres sur un projet, et rechercher les essences à la fois adaptées aux contraintes du site et susceptibles d'apporter les bienfaits recherchés constitue donc une étape importante pour arrêter un choix d'essence.

4.4 Définir des options et consulter pour le choix final

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Consulter un spécialiste de l'arbre pour effectuer une pré-sélection des choix d'essences sur la base des critères présentés au para. 4.1, 4.2 et 4.3 de ce guide.	- Concepteur(s)
Consulter les pépiniéristes sur les disponibilités et temps de production des options pré-sélectionnées.	- Concepteur(s)
Consulter si possible les usagers et le gestionnaire pour effectuer le choix final.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Plutôt qu'une démarche linéaire, la conception du projet détaillé et la sélection des essences sont l'objet d'un va-et-vient.

Bien connaître les essences d'arbres et de leurs cultivars est indispensable pour effectuer une pré-sélection pertinente au regard des contraintes du site. Le projet détaillé devra peut-être faire l'objet d'ajustements pour réduire les contraintes et faciliter la réalisation des objectifs poursuivis (voir para. 4.3).

Prendre contact avec les pépiniéristes en amont du projet détaillé permet de vérifier disponibilités et temps de production - deux informations cruciales pour garantir la livraison des essences souhaitées dans le respect des spécifications établies et du calendrier du projet.

Il est souhaitable d'impliquer l'utilisateur final, les riverains et le gestionnaire dans le choix final des essences, une fois la présélection réalisée.



4.5 Passer du choix d'essence aux spécifications de commande

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Avant de rédiger les spécifications d'une commande, veiller à comprendre les avantages et les inconvénients des trois modes de conditionnement des arbres en pépinière.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Rédiger les spécifications d'une commande d'arbres suivant les principes définis dans les normes et référentiels applicables (au Royaume-Uni : le chapitre 8 de la norme BS 8545:2014 ; en France : le Fascicule 35, les normes NF V 12051 à 12059 et la règle professionnelle P.C.2-R1).	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Aller chez le pépiniériste pour choisir et inspecter les arbres achetés - cette démarche est parfois à conduire plusieurs années avant la plantation.	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre

Une fois le choix d'essence(s) fait, il reste à s'assurer que les arbres achetés sont de bonne qualité et conditionnés selon les besoins du projet.

Il est important que le cahier des charges spécifie les pratiques attendues du pépiniériste quant à la méthode de production, à la manutention, au stockage et à la livraison des jeunes plants. Au Royaume-Uni, des conseils détaillés sont disponibles dans la norme BS 8545:2014 pour faciliter la rédaction de spécifications rigoureuses couvrant l'ensemble de ces aspects. En France, se reporter au Fascicule 35, aux normes NF (NF V 12051 à 12059 notamment) et aux règles professionnelles des entreprises du paysage (notamment P.C.2-R1).

Au-delà des essences et des cultivars souhaités, il est essentiel que le document de spécifications définisse les conditions morphologiques et physiologiques des arbres recherchés, leur mode de conditionnement, ainsi que les garanties exigées en matière de biosécurité.

Concernant les conditions morphologiques, le minimum à définir réside en quatre points :

- Circonférence du tronc.
- Hauteur de l'arbre.
- Hauteur de dégagement sous couronne.
- Flèche terminale et structure des branches.

D'autres critères tels que le défilement de la tige et le ratio hauteur/circonférence de tige peuvent également être spécifiés.

Concernant les conditions physiologiques, il est important que des preuves de l'état de santé des arbres soient exigées.

Concernant le mode de conditionnement choisi (racines nues, conteneur ou motte), il est important de spécifier le nombre de transplantations dont l'arbre doit avoir fait l'objet.

Concernant enfin les questions de biosécurité, une traçabilité totale, documentée par un passeport phytosanitaire, doit être exigée.

Il est indispensable de visiter le(s) pépiniériste(s) fournissant les plants pour dialoguer sur les méthodes de travail pratiquées et prendre part au choix et à l'étiquetage des arbres achetés.

Pour des informations complémentaires sur l'ensemble de ces critères, l'annexe D1 de la norme britannique BS 8545:2014 constitue une référence utile. Au Royaume-Uni, les principes établis au chapitre 8 de cette même norme sont à respecter dans leur intégralité.



Sept essences différentes ont été plantées le long de Sydnor Road à Hackney, y compris des amandiers choisis par les riverains qui en apprécient les fruits. Image : Anne Jaluzot





Sur cette placette de Stoke Newington, à Hackney dans Londres, feuillus et conifères ont été associés pour créer un attrait toute l'année. Image : Rupert Bentley-Walls



Le long de cette rue d'Amsterdam, des arbres à grand développement ombragent les façades qui en ont besoin tandis que des petits arbres à fleurs créent un espace hospitalier à la promenade et au jeu sur le trottoir d'en face. Image : Anne Jaluzot



4.6 Réception, manutention et stockage temporaire

En bref : ce qui doit être fait ...	...et par qui
Utiliser les checklists des référentiels applicables (au Royaume-Uni, voir le tableau 1 au paragraphe 10.4 de la norme BS 8545:2014 ; en France voir la règle professionnelle P.C.2.-R1) pour inspecter les jeunes plants livrés par le pépiniériste ; ne pas accepter les plants de mauvaise qualité.	- Spécialiste de l'arbre
Suivre les prescriptions des normes et référentiels applicables pour la manutention et le stockage temporaire des jeunes arbres avant leur plantation (au Royaume-Uni : voir le paragraphe 9.5 de la norme BS 8545:2014).	- Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre
Planter les arbres le plus rapidement possible après leur livraison.	- Chargé de projet - Concepteur(s) - Spécialiste de l'arbre



109

Au Royaume-Uni, le paragraphe 9.5 de la norme BS 8545:2014 constitue la référence sur ce point.

Disposer d'arbres en bonne santé, conformes en tous points au cahier des charges contribue incontestablement à la réussite d'un projet. À cette fin, il faut être prêt à :

- *Se rendre chez le pépiniériste* pour choisir en personne les arbres ou vérifier que les stocks choisis sont de bonne qualité et en bonne santé, et s'assurer que le pépiniériste travaille selon les méthodes attendues.
- *Inspecter tous les arbres livrés* à l'aide des checklists disponibles dans les référentiels applicables (voir par exemple le tableau 1 du paragraphe 10.4 de la norme britannique BS 8545:2014, ou bien les « points de contrôle » mentionnés page 6 de la règle professionnelle P.C.2.-R1). Les plants ayant été endommagés lors du transport ou ne respectant pas les spécifications ne doivent pas être réceptionnés.

- *Être vigilant lors de la manutention et du stockage des arbres*¹⁰⁹. Les arbres doivent être déchargés précautionneusement du camion de livraison. Les jeter depuis la plateforme du camion endommagerait sérieusement leurs racines. Si des arbres à racines nues sont employés, il faut veiller à les protéger du dessèchement selon les méthodes appropriées. Qu'ils soient à racines nues, en conteneur ou en motte, les arbres doivent toujours être stockés en position verticale, soutenus et irrigués. Le temps de stockage avant la plantation est à réduire au minimum.



Deux jeunes chênes sur New Street Square, au cœur de la City à Londres.
Image : Steve Parker





Voir l'annuaire des études de cas p. 156



Étude de cas n°29 Le renouvellement de l'avenue historique de South Street

Lieu
Fife,
Écosse

Type de projet
Voirie

À St Andrews en Écosse, South Street est l'une des deux rues principales du plan en damier datant de l'époque médiévale. South Street a été remaniée au XIX^e siècle pour y intégrer des arbres. Comme le montrent les photos ci-dessous, cet aménagement est encore clairement visible aujourd'hui : une bande pavée intégrant un alignement de tilleuls à grandes feuilles (*Tilia platyphyllos*) agrémente chaque côté de la rue. Les *Design Guidelines for buildings, Streets and shop fronts in the St Andrews conservation area and on the main approaches* (Plan de sauvegarde et de mise en valeur du secteur de St Andrew) prévoient que tout renouvellement des plantations ou toute réfection de la voirie conserve ces détails.

Suite à une fuite de gaz, des problèmes d'engorgement des sols et des chocs répétés de véhicules, un renouvellement partiel des vieux tilleuls âgés de 118 ans est

devenu nécessaire. Le cultivar retenu dans le passé (*Tilia platyphyllos*) présente des inconvénients au regard du contexte :

- Du fait de sa très grande taille, les couronnes des arbres bouchent la lumière et la vue des bâtiments voisins et rendent nécessaire un élagage régulier.
- Sa sensibilité aux attaques du puceron du tilleul engendre des coulées de miellat salissantes au détriment des personnes et objets se trouvant en-dessous.

Plutôt que de procéder à un renouvellement à l'identique, la collectivité locale (Fife Council) a décidé de préférer le tilleul de Crimée (*Tilia euchlora*) à son cousin à grandes feuilles, car il présente une forme similaire mais des dimensions moindres et il est résistant au puceron du tilleul.

Carte postale de South Street en 1896 (haut) et South Street en 2014 (bas). Image : Stephen Liscoe





Étude de cas n°30 Adapter les essences aux microclimats de Cheapside

Lieu
City, Londres,
Angleterre

Type de projet
Développement local

Au centre de la City à Londres, le quartier de Cheapside entre la cathédrale St Paul et Bank est en plein redéveloppement. Depuis 2010, une série d'opérations immobilières ont plus que doublé les surfaces commerciales situées le long de cet axe qui concentre désormais l'équivalent d'un grand centre commercial, dans une configuration de rue. En réponse à ces évolutions, la collectivité locale administrant la City à Londres (la City of London Corporation) a lancé une requalification des espaces publics pour améliorer le confort et la sécurité des piétons sans affecter le trafic des véhicules. La largeur des voies de circulation a été réduite de trois à quatre mètres et les trottoirs élargis de trois mètres en moyenne. Le mobilier urbain a été modernisé et simplifié, et des zones de livraison intégrées aux trottoirs pour assurer l'approvisionnement des magasins sans nuire à la fluidité du trafic automobile ou créer des conditions dangereuses pour les cyclistes. Le projet a également permis de renouveler un arbre et d'en planter 19 supplémentaires.

Le positionnement de ces plantations a été longuement étudié pour assurer une bonne cohabitation avec les multiples réseaux enterrés desservant ce quartier. C'est grâce à un dialogue avec les gestionnaires de ces infrastructures que des solutions ont été trouvées. Un certain nombre de réseaux, dont des câbles en fibre optique, ont été décalés de 50 cm à un mètre afin de rendre les plantations possibles.

C'est toutefois la sélection des essences qui a suscité le plus de débats. Le service de l'urbanisme et le responsable des projets

urbains avaient à cœur de créer une « avenue », avec des plantations régulières, alignées et mono-spécifiques. Leurs collègues du service des espaces verts et des arbres ont observé que les microclimats très différents caractérisant les deux côtés de Cheapside se prêtaient mal à une composition n'employant qu'une seule essence. Le trottoir sud se trouve la majeure partie du temps à l'ombre tandis que le trottoir nord est en plein soleil toute la journée et reçoit également la chaleur et la lumière reflétées par les façades en verre des immeubles qui le bordent. Les membres de l'équipe des espaces verts ont également souligné que bien que Cheapside soit une rue historique du centre de Londres, elle est désormais constituée d'immeubles modernes disparates et implantés plus ou moins en retrait. Si un alignement d'arbre semblait en effet une bonne idée pour aider à « tenir » la rue, la modernité des formes urbaines ne semblait pas exiger le recours à un style de plantation mono-spécifique inspiré du XIX^e siècle. C'est au final le principe d'une adaptation aux contraintes climatiques du site qui a prévalu, avec des aulnes (*Alnus x spaaethii*) plantés côté ombragé, et des liquidambars (*Liquidambar orientalis*) sur le trottoir ensoleillé.

Les comptages réalisés avant (2006) et après (2013) les travaux ont montré que les objectifs poursuivis avaient été atteints : la fréquentation piétonne a augmenté de 50%, la présence de cyclistes de 200% tandis que le trafic automobile est demeuré stable.

Cheapside au début de l'automne 2013.
Image : City of London





Étude de cas n°31 La diversification des essences dans le Grand Lyon

Lieu
Grand Lyon,
France

Type de projet
Politique de l'arbre

Au milieu des années 90, plus de 50% des arbres situés le long des rues et des espaces publics du Grand Lyon étaient des platanes. En 2013, cette essence ne représentait plus que 26%, et le nombre total d'essences présentes dans les espaces publics avait augmenté de 68%. Plus de 250 espèces et 70 genres différents sont désormais représentés. Ces évolutions impressionnantes sont le fruit d'une stratégie concertée en faveur du principe de diversification. L'objectif retenu dans la *Charte de l'Arbre du Grand Lyon*¹¹⁰ est qu'aucune essence du domaine public géré par la Métropole ne représente plus de 10% de l'ensemble. Pour atteindre cet objectif, le service Arbre et Paysage procède à un suivi, à l'échelle de l'agglomération, de la composition de la **population d'arbres** qu'elle gère. À l'échelle de chaque quartier, une palette d'essences adaptées au caractère local a été identifiée afin que la diversification des essences plantées ne nuise pas au maintien des identités. À l'échelle de chaque projet, un dialogue avec les concepteurs engagés pour la maîtrise d'œuvre permet d'encourager l'usage d'une palette d'essences élargie. Là où un contexte historique l'impose, des plantations mono-spécifiques à l'échelle d'une voie ou d'une place sont réalisées, dans le respect de la palette d'essences du quartier. En revanche, dans les nouveaux quartiers où les opérations de renouvellement urbain, le recours à des compositions mélangeant plusieurs essences sont le plus souvent préférées (voir par exemple les plantations de la rue Garibaldi p. 39 et celles de Sathonay Camp p. 51).

Aux yeux de Frédéric Ségur, responsable du service Arbre et Paysage de la Métropole du Grand Lyon, les progrès réalisés dans l'agglomération pour la diversification des essences sont le fruit de trois facteurs clés : « *D'abord il a fallu prendre le contrôle non seulement des outils de stratégie pour définir une politique, mais aussi de la conception des projets et de la gestion, afin d'établir à chaque niveau des objectifs congruents. Ensuite, nous avons aussi investi dans le développement de bonnes relations avec nos fournisseurs. Les entreprises qui installent nos arbres fournissent également les jeunes plants. Le climat de confiance que nous avons réussi à établir avec elles leur a permis d'encourager les pépiniéristes locaux à augmenter la quantité, la qualité et la diversité de leur production. En 2007, seuls 50% de nos arbres venaient de pépinières de la région. Aujourd'hui, elles assurent 80% de notre approvisionnement. Enfin, le fait de ne pas prescrire les choix d'essences aux concepteurs s'est également révélé efficace sur le long terme. L'objectif des 10% inscrit dans la Charte est simplement utilisé comme un cadre de référence pour initier un dialogue. Pour les projets pour lesquels la maîtrise d'œuvre n'est pas assurée en interne, les concepteurs nous soumettent leur palette végétale et nous profitons de cette opportunité pour leur suggérer des options alternatives là où il nous semble que le choix initial n'est pas adapté aux contraintes locales* ».

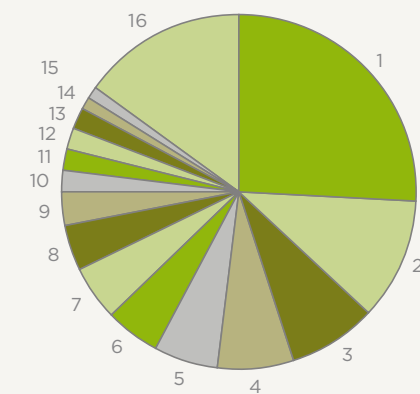


110

Disponible à :
www.grandlyon.com/fileadmin/user_upload/media/pdf/environnement/arbres/20111214_gl_chartearbre.pdf

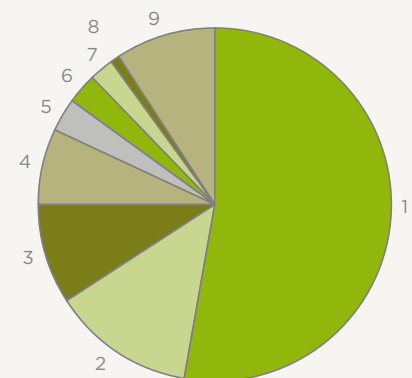
Dans le Grand Lyon en 2013, 254 essences différentes sont plantées dans les espaces publics (soit 68% de plus que 10 ans plus tôt)

Distribution des essences en 2013 (%)



Essence	%	Essence	%
1 Platanus	26	9 Sophora	3
2 Acer	11	10 Corylus	2
3 Tilia	8	11 Gleditsia	2
4 Celtis	7	12 Aesculus	2
5 Fraxinus	6	13 Ulmus	2
6 Quercus	5	14 Malus	1
7 Prunus	5	15 Zelkova	1
8 Pirus	4	16 Other	15

Distribution des essences en 1994 (%)



Essence	%
1 Platanus	53
2 Acer	13
3 Tilia	9
4 Robinia	7
5 Aesculus	3
6 Prunus	3
7 Celtis	2
8 Populus	1
9 Other	9





Étude de cas n°32
Transformer le quartier de
Church Street et Paddington Green

Lieu
Westminster,
Londres, Angleterre

Type de projet
Résidentiel

Le quartier de Church Street fait l'objet d'un projet de renouvellement urbain qui vise à reconstruire les logements sociaux et à développer l'offre privée tout en améliorant la qualité des espaces et des commerces. La transformation du quartier repose sur une stratégie de densification dont les principes sont présentés dans le *Futures Plan*, document réalisé par la collectivité locale (Westminster City Council) et approuvé par un référendum de quartier en novembre 2011. Le plan identifie des sites entre le bâti existant pour la construction de nouveaux immeubles afin d'assurer le relogement des habitants avant la destruction des immeubles les plus obsolètes, la poursuite des constructions et l'accueil de nouveaux habitants. Le *Futures Plan* établit également le principe d'une requalification des espaces publics en prévoyant la réalisation d'un schéma directeur qui en définit les détails.

La sélection de l'équipe pluridisciplinaire chargée de développer le schéma directeur d'espaces publics a elle aussi été soumise à un référendum de quartier. La principale différence dans le concept avancé par l'équipe ayant recueilli le plus de voix (Grant Associates) tenait au rôle attribué à l'arbre. L'approche proposée tire parti des plantations pour atteindre les objectifs du programme – y compris l'apaisement de la circulation, l'intégration d'espaces de jeux dans la rue, l'adaptation du quartier aux changements climatiques, l'amélioration de la qualité de l'air, et l'augmentation de la présence de la nature. Comme le foncier est contrôlé par la ville, il a été relativement aisé de déplacer les limites définissant les pieds d'immeubles afin de proposer une coulée verte perpendiculaire à Church Street intégrant arbres, jardins de pluie, bancs et espaces de jeux. Il est aussi proposé que les arbres soient utilisés pour rétrécir la largeur des rues là où les voitures doivent être ralenties, et pour ombrager les parkings.

Le schéma directeur établit également des principes clairs pour la sélection des essences et la conception de l'**espace d'enracinement**. Compte tenu des objectifs et contraintes en présence, la liste des essences recommandées est présentée sous la forme d'une matrice indiquant pour chaque type d'arbre la dimension du **houppier** à l'âge adulte, le type de **système racinaire**, sa capacité à assainir la qualité de l'air, sa tolérance aux variations du taux d'humidité des sols et sa valeur en matière de biodiversité. Le schéma directeur fixe le principe du recours à un minimum de trois essences différentes dans chaque rue et de la réalisation de tranchées continues pour les plantations. Il est également précisé que : « *La conception des plantations doit prendre en compte les réseaux enterrés et l'emplacement des tranchées de regroupement proposées afin de minimiser les risques d'endommagement des racines lorsque des travaux seront réalisés sur ces infrastructures. La faisabilité d'une utilisation du système de Stockholm est à explorer pour le substrat d'enracinement des plantations* ». L'avant-projet de plantation qui figure au schéma directeur a été réalisé sur la base des résultats de sondages de détection de réseaux enterrés et des données communiquées par les gestionnaires de ces infrastructures.

Pour sa mise en œuvre, le schéma directeur est divisé en différents secteurs, qui incluent chacun un site de construction. Le financement des espaces publics doit être assuré par les revenus de la vente des logements privés à chaque phase de l'opération. La responsabilité pour la réalisation doit également être assurée par les opérateurs privés, selon les principes établis dans le schéma directeur.

Rendu des aménagements proposés pour Orchardson Street. Image : Grant Associates





Des arbres inclinés bien entretenus peuvent être compatibles avec des véhicules à grand gabarit. Image : Steve Parker



La majesté d'un arbre en hiver... Oxford, The Turl. Image : Michael Murray



Checklist

Le choix d'essence et la passation de commande sont-ils sur la bonne voie ?

Chargé de projet,

avez-vous...

- Vérifié que les essences spécifiées ont été commandées et pourront être livrées dans les délais prévus au calendrier du projet ?

Concepteur(s),

avez-vous...

- Cherché à optimiser le plan masse pour faciliter l'intégration des arbres au projet ?
- Identifié les contraintes du site pour les arbres ?
- Identifié les propriétés fonctionnelles et esthétiques attendues des arbres ?
- Sollicité le spécialiste de l'arbre de la collectivité pour disposer de données sur le profil de la population d'arbres locale ?
- Sollicité les conseils d'un spécialiste pour présélectionner différentes options d'essences satisfaisant les critères identifiés ?
- Pris contact avec les pépiniéristes pour connaître les disponibilités et les temps de production des types d'arbres envisagés ?
- Cherché à solliciter le client ou les usagers ainsi que le gestionnaire pour le choix final des essences ?
- Travaillé avec un spécialiste de l'arbre pour rédiger des spécifications pertinentes et précises, qui suivent les principes établis dans le(s) référentiel(s) applicable(s) et définissent clairement les conditions morphologiques et physiologiques ainsi que le degré de traçabilité attendus pour les jeunes arbres ?
- Été chez le pépiniériste choisir et étiqueter les arbres achetés ?

Spécialiste de l'arbre,

avez-vous...

- Veillé à ce que les pépiniéristes soient contactés sur les disponibilités et les temps de production des types de plants envisagés ?
- Respecté les principes énoncés dans le(s) norme(s) et référentiel(s) applicable(s) (au Royaume-Uni : le chapitre 7 de la norme BS 8545:2014) pour conseiller un concepteur ou une équipe sur le choix des essences ?
- Respecté les principes énoncés dans le(s) norme(s) et référentiel(s) applicable(s) (au Royaume-Uni : le chapitre 8 de la norme BS 8545:2014) pour rédiger des spécifications, en veillant tout particulièrement à ce que les conditions morphologiques et physiologiques ainsi que le degré de traçabilité attendus pour les jeunes arbres soient rigoureusement définis ?
- Accompagné le concepteur chez le pépiniériste pour choisir et étiqueter les arbres achetés, et vérifier le respect des spécifications établies ?
- Veillé à ce que les arbres soient stockés de manière appropriée une fois livrés ?





Références



Document ou ressource non technique



Document ou ressource pour professionnel



Document ou ressource de nature académique



British Standard 8545:2014 Trees: from nursery to independence in the landscape - Recommendations, British Standards Institution, Londres.



Le Code de conduite des plantes exotiques envahissantes.
www.codeplantesenvahissantes.fr/accueil/



Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement. (1999). *Marché public de travaux - Cahier des clauses techniques générales - Fascicule 35 - Aménagements paysagers, aires de sports et de loisirs de plein air*, Bulletin officiel, Paris.
www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F35_2012-05-30.pdf



The Right Trees for Changing Climate Database. www.righttrees4cc.org.uk



Santamour, F.S. (1990), « Trees for urban planting: diversity, uniformity, and common sense », *USDA, Proceedings of the 7th Conference of the Metropolitan Tree Improvement Alliance*, Lisle, Illinois.
www.ces.ncsu.edu/fletcher/programs/nursery/metria/metria07/m79.pdf



Sjöman, H. (2012). *Tough trees for tough sites: Learning from nature*. PhD thesis. Alnarp, University of Alnarp, Suède.



Trowbridge, P.J. et Bassuk, N.L. (2004), *Trees in the Urban Landscape: Site Assessment, Design, and Installation*, Wiley & Sons, Inc, Hoboken, New Jersey.



UNEP (2012), *Règles professionnelles N°P.C.2.-R1 : Travaux de plantation des arbres et arbustes.*
www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles/les-regles-parues



			Contexte					
N° et référence	Lieu	N° de Page	Voie principale	Rue commerçante	Rue résidentielle	Place	Parking	
1	Melbourne s'organise pour doubler son taux de couverture arborée	Melbourne, Australie	29	●	●	●	●	
2	Redonner un second souffle aux commerces d'Ocean Road	South Tyneside, Angleterre	30		●			
3	Quantifier les retours des investissements paysagers à Chobham Manor	Stratford, Londres, Angleterre	31			●		
4	Un promoteur introduit le système de Stockholm aux États-Unis	Minneapolis, Minnesota, États-Unis	32			●		
5	Établir un futur arbre remarquable sur Dortmund Square	Leeds, Angleterre	33				●	
6	Les arbres existants, clé du succès de l'Angel Building	Islington, Londres, Angleterre	34	●				
7	« Green Streets », un outil au service du développement économique	Birkenhead, Angleterre	36	●		●		
8	Arbres, enquête publique et chantier : l'expérience de Bristol	Bristol, Angleterre	37	●				
9	Intégrer des arbres à la réhabilitation du parking de Henley-on-Thames	Henley-on-Thames, Angleterre	38					●
10	Le principe d'innovation au Grand Lyon	Lyon, France	39	●				
11	Lyon et Londres se réapproprient la rue	Grand Lyon, France. Londres, Angleterre	71	●	●	●	●	●
12	Arbres, bus et sécurité routière : l'expérience de Bristol (suite)	Bristol, Angleterre	72	●	●			
13	Le projet de « rue évidence » de Glen Innes	Auckland, Nouvelle Zélande	73			●		
14	Arbres, bus et commerce : l'expérience de Bristol (suite et fin)	Bristol, Angleterre	74	●	●			
15	Des vergers linéaires pour accompagner le développement du vélo	Hackney, Londres, England	75			●		
16	Des arbres dans une zone de rencontre	Hackney, London, Angleterre	76				●	
17	Le projet Garibaldi : un système de climatisation à l'échelle d'un quartier	Lyon, France	78	●				
18	Le nouveau boulevard maritime de Swansea	Swansea, Pays de Galles	124	●				
19	Résoudre les problèmes de déformation des trottoirs sur Slaney Road	Walsall, Angleterre	125			●		
20	Le système de Stockholm fait ses preuves sur Erik Dahlbergsallén	Stockholm, Suède	126	●	●			
21	Créer une entrée de ville paysagée pour Aberystwyth	Aberystwyth, Pays de Galles	127	●				
22	Deux arbres et un banc transforment un carrefour en une place	Norwich, Angleterre	128				●	
23	La reconstruction de la piste cyclable d'Haaksbergerstraat	Hengelo, Pays-Bas	128	●				
24	Une pinède pour la place de la Gare à Apeldoorn	Apeldoorn, Pays-Bas	129	●				
25	À New Milton, Lidl gère les eaux de pluie avec les arbres de son parking	New Forest, Angleterre	130					●
26	La requalification environnementale d'Hornsgatan	Stockholm, Suède	131	●	●			
27	Créer des liaisons vertes dans le quartier d'East Walworth	Southwark, Londres, Angleterre	132			●		
28	Thames Water parraine le verdissement de Counters Creek	London, Angleterre	133			●		
29	Le renouvellement de l'avenue historique de South Street	Fife, Écosse	149		●			
30	Adapter les essences aux microclimats de Cheapside	City, Londres, Angleterre	150		●			
31	La diversification des essences dans le Grand Lyon	Grand Lyon, France	151	●	●	●	●	●
32	Transformer le quartier de Church Street et Paddington Green	Westminster, Londres, Angleterre	152			●		



N° et référence	Objectifs du programme								Solutions retenues pour la portance				
	Favoriser croissance et développement	Apaiser la vitesse	Encourager la marche	Développer le réseau cyclable et son utilisation	Améliorer l'offre de transports publics	Résoudre un conflit entre arbres et infrastructures	Gérer et/ou réutiliser les eaux de ruissellement	Réduire les températures ambiantes	Substrat à base de sable	Mélange terre-pierre	Système de Stockholm	Système à saisons	Système flottant
1	●						●	●					
2	●		●									●	●
3	●												
4	●												
5						●						●	
6	●												
7	●		●	●									
8					●								
9							●					●	
10			●	●			●	●			●		
11	●		●	●	●								
12	●				●								
13		●											
14	●				●								
15				●									
16			●	●			●					●	
17			●	●			●	●			●		
18	●		●						●				
19						●			●				
20						●					●		
21	●										●	●	
22	●	●	●								●		
23						●					●		
24				●		●							●
25							●				●		
26			●				●				●		
27		●	●				●				●		
28		●	●				●						
29			●					●					
30	●	●						●					
31													
32	●		●				●						

Glossaire

Anaérobique : qui demande ou contient peu ou pas d'oxygène.

Arboriculture : science et art de la culture de l'arbre et des autres plantes ligneuses, y compris leur production et plantation, leur soin, et leur abattage.

Biochar : charbon utilisé pour améliorer les propriétés du sol.

Biorétention : procédé par lequel des sols et les plantes qui y poussent sont utilisés pour filtrer et dépolluer les eaux de ruissellement.

Collet : zone de transition entre le tronc d'un arbre et ses racines.

Couverture arborée : ensemble des surfaces couvertes par le **houppier** des arbres.

Défecteur de racines : barrière imperméable placée autour de la motte racinaire pour empêcher la croissance des racines vers la surface du sol et la diriger vers le bas.

Élévation de couronne : suppression des branches basses d'un arbre pour dégager le tronc et l'espace qui l'entoure jusqu'à une hauteur donnée.

Espace d'enracinement : l'ensemble du substrat que les racines de l'arbre pourront coloniser – qu'il s'agisse de terre végétale, d'un mélange terre-pierre, du sol existant ou de tout autre substrat, qu'il ait ou pas été spécialement apporté ou préparé.

Espèce exotique envahissante : plante ou animal étranger au territoire ayant la capacité de se diffuser et de nuire à l'environnement, à l'économie et/ou à la santé locale(s).

Espérance de vie utile et sans risques : méthode développée dans le monde anglo-saxon sous le nom de safe useful life expectancy (SULE) pour évaluer l'importance relative de différents arbres présents sur un site.

Force d'un arbre : la circonférence du tronc mesurée à un mètre du sol et exprimée en centimètres – cette dimension est utilisée pour classer les arbres produits par les pépiniéristes.

Foresterie urbaine : gestion des arbres en ville, y compris le travail de planification, de conception, de plantation, d'entretien et de communication qui y est associé.

Forêt urbaine : l'ensemble de la population d'arbres présente sur un territoire urbain donné.

Géogrille : filet en polymère à mailles plus ou moins grandes qui aide à stabiliser une couche d'agrégat quelconque ou renforcer une construction.

Géomembrane : membrane imperméable artificielle composée d'élastomère, de thermoplastiques (polyéthylène, PVC) ou de géotextile enduit de bitume, utilisée pour assurer une séparation entièrement étanche entre deux couches.

Géotextile : tissu synthétique appliqué entre différentes couches de matériaux à des fins de séparation, de filtration ou de stabilisation.

Gestion alternative des eaux de pluie : ensemble de pratiques qui visent à ralentir, diminuer, voire dépolluer les flux de ruissellement au moyen de dispositifs de surface utilisant les sols et les plantes plutôt que de privilégier leur gestion au moyen des réseaux unitaires ou séparatifs et de stations d'épuration.

Houppier : ensemble des branchages et du feuillage au-dessus du tronc d'un arbre.

Mélange terre-pierre : substrat de plantation portant constitué de pierres anguleuses de taille homogène soumises au compactage, et de terre meuble distribuée dans le réseau de cavités présentes entre les pierres.

Mélange terre-pierre de Stockholm : Voir [système de Stockholm](#).

Motte racinaire : masse de racines et de terre située à la base du tronc que l'on conserve lors des transplantations successives.

Noue : dépression allongée et végétalisée utilisée pour le transport, l'infiltration, le stockage et/ou la biorétention des eaux de ruissellement.

Optimum Proctor modifié (OPM) : densité sèche maximale d'un sol granulaire.

Ouverture de surface : ouverture créée pour planter l'arbre dans le sol et maintenue non pavée une fois cette plantation réalisée.

Parachèvement et conformement : voir [soins de parachèvement et confortement](#).

Parallaxe : l'effet d'optique par lequel un observateur en mouvement a l'impression que ce sont les objets autour de lui qui se déplacent et non pas lui-même. Pour un automobiliste qui avance sur une voie, les grands objets situés en bordure immédiate de cette voie (par exemple un lampadaire ou un arbre) « défilent » plus vite que ceux situés au loin et contribuent plus à la perception de sa vitesse.

Pied d'arbre : voir [ouverture de surface](#).

Population d'arbres : voir [forêt urbaine](#).



Ramure : ensemble des branches d'un arbre, aussi appelée frondaison.

Récupération et réutilisation des eaux de pluie (RUEP) :

intercepte les eaux qui sont habituellement canalisées vers des réseaux collectifs unitaires ou séparatifs pour en faire usage (par exemple pour l'arrosage, le nettoyage, l'alimentation des toilettes, etc.).

Saison de croissance : la durée s'écoulant entre le dernier gel printanier et le premier gel d'hiver.

Soins de parachèvement et confortement :

programme de soins culturaux à apporter (arrosage, **taille de formation**, ajustement des systèmes d'ancrage etc.) durant cinq ans pour assurer le bon établissement d'un jeune arbre planté en ville.

Subsidence : affaissement lent du niveau du sol.

Substrat structural : substrat d'enracinement présentant des propriétés de portance liées à la présence d'un élément minéral de calibre homogène et suffisant pour ménager, après compactage, des espaces interstitiels qui permettent la croissance des racines.

Système à caissons : substrat d'enracinement étayé par un ensemble de caissons ou modules en plastique ou en béton assemblés de manière à constituer une armature portante.

Système de Stockholm : **substrat structural** constitué d'une base en mélange terre-pierre formée avec des pierres de gros calibre, surmontées d'une couche d'aération composée de pierres sèches de plus petit calibre reliée à la surface par des puits assurant un excellent échange gazeux et l'infiltration des eaux de ruissellement.

Système flottant : matelas perméable d'épaisseur variable et présentant une structure ouverte placé entre l'espace d'enracinement d'une part et le revêtement de surface et ses éventuelles couches de fondation d'autre part, afin de diffuser les charges et réduire les risques de compaction pour le substrat sous-jacent.

Système racinaire : ensemble des racines qu'un arbre utilise pour son ancrage, l'absorption et le transport de l'eau et des substances minérales dans le sol.

Taille de formation : taille des branches d'un jeune arbre destinée à prévenir le développement de défauts à l'âge adulte et à lui conférer la forme souhaitée.

Trou de plantation : réalisé pour placer la **motte racinaire** dans le substrat appelé à être colonisé par l'arbre.

Volume enveloppe maximal (VEM) : volume maximal occupé par un véhicule en mouvement compte tenu de la cambrure de la route et des phénomènes de déportement.

Zone d'enracinement : voir espace d'enracinement.

Zone de protection des racines : la surface entourant un arbre comprenant suffisamment de racines pour assurer son bon maintien en vie, en conséquence traitée comme une zone prioritaire lors d'un chantier pour la mise en place de protection du système racinaire et de la structure du sol qui l'entoure.

Zone de protection racinaire : voir **zone de protection des racines**.

Zone de rencontre : section ou ensemble de sections de voies en agglomération affecté(e) à la circulation de tous les usagers, où les piétons bénéficient de la priorité sur les véhicules et où la vitesse des véhicules est limitée à 20 km/h.

Index

Accessibilité : 13, 30, 33, 41, 56, 66, 80, 93, 113-114, 118

Aération du sol / conditions anaérobiques (échanges gazeux entre espaces aérien et souterrain) : 23, 28, 69, 88-90, 92, 99, 100, 102-108, 110-111, 112, 125, 126, 131

Affaissement : 67, 98, 112

Allergies : 62, 142

Analyse de site : 19-20, 41, 48, 142

Analyse pédologique : 19, 21, 81, 92, 142

Apaisement de la circulation : 11, 53, 55, 72, 73, 81, 122, 152

Arbres à grand développement : 48-49, 54, 66, 120, 127, 130, 141, 147

Autorisations d'urbanisme / permis de construire : 5, 10, 16, 21, 31, 34-35, 23, 116, 130, 134

Barrière anti-racines : 111, 117 (voir également déflecteurs de racines)

Biodiversité : 31, 41, 61, 64, 152

Biorétention : 60, 119, 121

Biosécurité : 62, 146 (voir également passeport phytosanitaire, maladies et parasites)

Cahier des charges : 10, 13, 16, 22, 25, 41, 51, 94, 146, 148

CAVAT : 14, 17

Changement climatique : 1, 6, 15, 86, 140, 143-144, 152

Compaction du sol : 6, 63, 65, 76, 90-92, 95, 98, 99, 100-101, 107, 112, 114, 117, 118, 130, 142

Concertation / consultation : 29, 36, 37, 125, 152

Conditions anaérobiques : voir aération du sol

Conflit avec les racines : 113, 115

Corset d'arbre : 23, 94-97

Couverture arborée : 6, 13, 18, 29, 63, 144, 158

Cycle de vie : 18, 88, 89

Déflecteur de racines : 113-114, 125, 158

Déformation de surface : 38, 55, 56, 98, 105, 110, 112-113, 125, 128

Densité de plantation / espacement des plantations : 41, 57, 58, 63

Détection / sondage (réseaux enterrés) : 19, 20-21, 24, 152

Échange gazeux : voir aération du sol

Éclairage : 11, 13, 15, 33, 41, 57, 58, 80, 86

Économies d'énergie : 14, 34, 63

Élagage (branches) : 15, 22, 25, 89, 115, 149

Élagage (racines) : 105, 114, 128

Enseignes commerciales (visibilité) : 30, 57, 80, 82, 131

Entretien : 12-15, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 27-28, 29, 33, 41, 48, 51, 59, 61, 65-67, 75, 81, 86, 94, 116, 120, 125, 129

Espace d'enracinement : 18, 20, 21, 31, 33, 34, 39, 48, 51, 56, 59, 63, 76, 78, 80, 81, 88, 90, 91, 92, 94, 98, 101, 102, 105, 107, 112, 113, 114, 117, 119, 120, 121, 124, 126, 130, 152, 158

Espacement des plantations : voir densité de plantation

Essence d'arbre : 18, 19, 20, 21, 23, 26, 29, 30, 31, 32, 38, 42, 48, 51, 52, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 64, 65, 70, 86, 89, 90, 91, 93, 99, 101, 112, 114, 115, 116, 119, 120, 121, 124, 127, 131, 135, 140-145, 150, 151, 152, 154

Évaluation : 10, 11, 12, 13, 14, 17, 19, 25, 28, 31, 40, 41, 88

Filtration des polluants : 20, 59, 60, 62-63, 137

Financements : 4, 7, 10, 11, 12, 13, 14-17, 21, 36, 40, 74, 124, 127, 152

Force de l'arbre : 50, 57, 106, 158

Forêt urbaine : 18, 19, 29, 36, 46, 144, 158

Fosse de plantation : 88

Gestion de l'eau de pluie : 32, 59-60, 118-123

Grille d'arbre : 23, 27, 38, 65, 66-67, 69, 97, 98, 106, 108, 111, 124, 129

i-Tree Eco : 14, 15, 31

Intégrité des revêtements de surface : 30, 91, 112-114, 136

Jardin de pluie : 121, 132, 133, 152

Maladies et parasites : 52, 61, 140, 143-144

Matelas anti-compaction : 110, 113

Mélange terre-pierre : 22, 32, 78, 88, 98,

100-106, 120, 121, 125, 126, 127, 131, 132, 142, 158

Mulch : 65-68, 106, 124, 125

Participation (des citoyens) : 17, 27, 33

Passation de marché : 25, 27, 40, 94

Passeport phytosanitaire : 62, 141, 146 (voir également biosécurité)

Permis de construire: voir autorisations d'urbanisme

pH du sol : 21, 34, 66, 99, 101, 121, 142

Pied d'arbre : 15, 18, 22, 23, 27, 59, 65-69, 70, 80, 81, 83, 93, 113, 114, 115, 124, 125, 129, 158

Plan de servitudes arboricoles : 18, 19, 21-22, 34-35, 41

Pollution atmosphérique : 31, 62-63, 76, 131, 142, 145

Portance : 76, 86, 90, 91, 98-112, 126, 128, 134-135, 136

Positionnement des arbres : 18, 48, 49, 53, 54-55, 57, 58, 80, 150

Programme et avant-programme : 10, 13, 14, 19, 22, 27, 30, 40, 41, 81, 152

Protection (du tronc des arbres) : 33, 94, 96-97, 128

Plan et protocole de protection : 18, 19, 22, 28, 34, 42

Qualité de l'air : voir pollution atmosphérique

Réduction des températures : 46, 61, 63-64, 78-79

Réseau enterré : 10, 13, 15, 17, 19, 20-21, 24, 25, 30, 34, 40-41, 59, 76, 80-81, 86, 88, 91, 95, 105, 106, 107, 110, 116-117, 119, 122, 124, 131, 134-135, 137, 150

Revêtement perméable : 33, 38, 63, 66-68, 92, 99, 101, 113, 119, 120, 121, 124, 130, 133



Revêtement sans excavation : 113, 114
RUEP : 22, 32, 42, 46, 59, 159 (voir également gestion de l'eau de pluie)

Sécurité (risques liés aux chutes d'arbres ou de branches) : 15, 61, 83

Sécurité routière / accidents de la route : 13, 15, 53-56, 57, 65, 72, 73, 75, 81, 150

Sécurité (incidence sur la criminalité) : voir vidéosurveillance

Sel de déneigement : 65, 70, 78, 119, 142

Soins de parachèvement et confortement : 12, 15, 16, 17, 22, 27-28, 89, 94, 132, 159

Sols rétractables : voir subsidence

Spécification de l'arbre : 23, 41, 56, 81, 140, 145, 146, 154

Subsidence / sols rétractables : 48, 59, 112, 114-115, 116, 136-137, 142, 159

Substrat à base de sable : 32, 99-101, 110, 124

Système à caissons : 31, 98, 107-109, 121, 127, 128, 129, 130, 159

Système de Stockholm : 32, 98, 101-106, 126, 131, 152, 159

Système flottant : 98, 99, 110-111, 121, 128, 133

Système racinaire : 61, 88, 93, 94, 99, 110, 112, 114, 124, 152, 159

Taille de formation : 23, 27, 41, 53, 55, 56, 57, 58, 89, 132, 159

Terre végétale : 88, 90, 92, 98, 101, 106, 107, 108, 111

Test pédologique : voir analyse pédologique

Tranchée continue (arbres) : 90, 92, 101, 102, 104, 126, 127, 131, 152

Tranchée partagée (réseaux) : 21, 34, 80, 116, 135

Urbanisme sensible à l'eau : 59, 118 (voir également gestion de l'eau de pluie)

Vélo / aménagements cyclables : 10, 11, 15, 19, 36, 53, 55-56, 65, 68, 71, 72, 75, 76-77, 78-79, 80, 81, 94, 95, 97, 99, 101, 110, 118, 128, 129, 131, 132

Viabilisation hivernale : voir sel de déneigement

Videosurveillance : 33, 41, 57, 58, 80, 82

Visibilité (enseignes commerciales) : voir enseignes commerciales

Visibilité (sécurité routière) : 54, 56, 57, 80, 82, 118

Visibilité (vidéosurveillance) : voir vidéosurveillance

Volume de substrat : 82, 90-91, 112

Volume enveloppe maximal : 53, 54-55, 159

Zone de protection des racines : 22, 34-35, 110, 133, 159

Zone de rencontre : 76-77, 159

Remerciements

La réalisation de cet ouvrage est le fruit d'un effort collectif. Le Trees and Design Action Group (TDAG) tient à remercier les personnes suivantes qui ont généreusement fait don de leur temps et de leur expertise pour contribuer aux entretiens, aux multiples relectures, aux exemples et photos :

- George Adams, President, Chartered Institution of Building Services Engineers*
- Vanessa Allen, New Generation Transport Manager, Leeds City Council/West Yorkshire Combined Authority
- Andrew Bagshaw, Consulting Arboriculturist, JCA Ltd
- Tabatha Bailey, Head of Programme Delivery, Thames Water
- Jeremy Barrell, Barrell Tree Consultancy*
- Jessica Beattie, Landscape Architect
- Liz Beckett, Arboricultural Officer, New Forest National Park
- Rupert Bentley-Walls, Arboricultural Manager, London Borough of Hackney
- Steve Bird, Sustainable Passenger Transport Manager, Bristol City Council
- Howard Booth, Transport for London*
- Dean Bowie, CEO, GreenBlue Urban
- Keith Burgess, Birmingham Tree Asset Manager, Amey*
- Steve Chatwin-Grindey, General Manager, DeepRoot Urban Solutions Ltd
- Nicola Cheetham, Transport for London*
- Chris Colwell, Westminster City Council
- Jonathan Cook, Jonathan Cook Landscape Architect
- Len Croney, Director, Pengelly Consulting
- Ann Currell, Principal Planner, Trees and Environment, London Borough of Barnet
- Karen Daniels, Senior Technical Officer, Sustainable Transport Projects & Infrastructure, Bristol City Council
- Owen Davies, Flood Risk Manager, Royal Borough of Greenwich
- Dr David G Dawson, retired applied ecologist
- Johanna Deak Sjöman, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU)
- Peter Dickinson, Chair, CIHT Urban Design Panel
- Andrew Douglas, Arboricultural Officer, East Dorset District Council
- Wayne Duerden, Department for Transport*
- Keith Duncan, Highway Design, Norwich City Council
- Louise Duggan, Senior Project Manager, Greater London Authority
- Julia Edwards, Landscape Architect, London Borough of Southwark
- Bjorn Embrén, Arboricultural Manager, Municipality of Stockholm
- David Finch, Grants Associates
- Peter Frackiewicz, Land Securities*
- Dafydd Fryer, Urban Forest Architect, Natural Resources Wales*
- Christina Gestra, Public Realm Officer/Acting Public Realm Manager, Westminster City Council
- Johanna Gibbons, Partner, J & L Gibbons LLP
- Kevin Gooding, CEO, Oxem
- Glenn Gorer, Natural Environment Manager, Leeds City Council
- Gary Grant, Independent Ecologist
- Ben Greenaway, Green Streets Coordinator, The Mersey Forest
- Jon Hadlow, Grounds Maintenance Manager, Ceredigion County Council
- Steve Hardiman, Landscape Architect, Bristol City Council
- David Harding, Thames Water
- Karen Harper, Manager, London Invasive Species Initiative
- Patrick Hegarty, Technical Manager, Open Space Department, City of London Corporation
- Ian Hingley, Landscape Architect, Urban Movement
- Dr Andrew Hirons, Myerscough College
- Russell Horsey, Deputy Director, Institute of Chartered Foresters*
- Matthew Hughes, Policy Officer and Urban Design Panel Secretary, Chartered Institution of Highways and Transportation (CIHT)*
- Robert Huxford, Director, Urban Design Group*
- Dr Mark Johnston, Myerscough College
- Phil Jones, Phil Jones Associates*
- Clive Kenton, Senior Engineer, Walsall Council
- Lewis Keyes, Highway Engineer, Norwich City Council
- Adam Kirkup, Innovation Executive and Municipal Engineering Expert Panel Secretary, Institution of Civil Engineers (ICE)*
- Sam Lee, Project Manager, Streetscene, City of London Corporation
- Ian McDermott, Executive Director, International Society of Arboriculture
- Allison Macleod, Landscape Architect, South Tyneside Council
- Iain MacLean, Chair, The Subsidence Forum
- Adrian McWhinnie, Designer and Project Manager, Streetscene, London Borough of Hackney
- John Melmoe, Director, Willerby Landscapes Ltd



- Nicole Metje, Senior Lecturer, School of Civil Engineering, University of Birmingham
 - Andy Morris, Municipal Engineering Expert Panel Chair, ICE
 - Julian A Morris, Professional Tree Services
 - Frank Moy, Senior Consultant, WRc plc
 - Christopher Neilan, Principal Officer, Landscape and Trees, Epping Forest District Council
 - Daniel Nelson, Public Realm Improvements Manager, London Borough of Hackney
 - Tim O'Hare, Tim O'Hare Associates Ltd
 - Nick Orman, Principal Consultant, WRc plc
 - Mark Ostheimer, Operations Director, National Joint Utilities Group
 - John Parker, Arboriculture and Landscape Manager, Transport for London
 - Tim Pharoah, Transport and Urban Planning Consultant, Living Transport
 - Steve Proctor, TMS Consultancy
 - Ian Philips, Vice-president, Landscape Institute*
 - Ron van Raam, Managing Director, Permavoid Ltd
 - Jag Raan, Highway Engineer, Walsall Council
 - Don Ridgers, independent consultant in sewerage rehabilitation
 - Sara Robin, Conservation Officer, Yorkshire Wildlife Trust
 - Christopher Rogers, Professor of Geotechnical Engineering, University of Birmingham
 - Kenton Rogers, Co-founder, Treeconomics
 - Adrian Runacres, Secretary and Technical Advisor, National Winter Service Research Group (NWSRG)
 - Keith Sacre, Commercial Director, Barcham Trees*
 - Jeff Saywell, Landscape Team Lead, Swansea City and County Council
 - Frédéric Ségur, Arboricultural Manager, Greater Lyon Authority
 - Paul Shaffer, Associate, CIRIA
 - Ian Shears, Urban Landscapes Branch Manager, City of Melbourne
 - Henrik Sjöman, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU)
 - Jim Smith, National Urban Forestry Adviser, Forestry Commission England
 - Örjan Stål, Vegetation & Infrastruktur Örjan Stål (VIÖS)
 - Clive Stevens, Bristol Tree Forum
 - Shaun Taylor, Area Manager, Highways and Traffic, Bristol City Council
 - Jake Tibbetts, Chair, London Tree Officers Association
 - John Thomson, Municipal Engineering Expert, Panel Member, ICE*
 - Bradley Viljoen, Project Development Officer, City of London Corporation
 - Joris Voeten, Urban Green Space Engineer, SHFT
 - Mike Volp, Tree Protection Officer, Norwich City Council
 - Marcel Wennink, Principal Engineer, Municipality of Hengelo
 - Jenifer White, Senior Landscape Advisor, English Heritage
 - Alun Williams, Councillor, Ceredigion County Council
 - Steve Wilson, Technical Director, The Environmental Protection Group Ltd
 - Philip Wood, Arboricultural Consultant, Wood Environmental Consulting Ltd
- ... ainsi que l'ensemble des membres de TDAG, du Urban Design Panel (le Comité technique relatif à l'urbanisme et l'aménagement) du CIHT, du Municipal Engineering Expert Panel (le comité des ingénieurs de la fonction territoriale) de ICE, et le personnel de ICF.
- * Membres du comité scientifique ayant supervisé la production de la version originale de l'ouvrage.
- Cet ouvrage a été produit par l'équipe suivante :**
- Gestion de projet et recueil des financements : Sue James, TDAG (version originale), Emmanuelle Bougault, VAL'HOR (traduction française)
 - Conseillers techniques : Martin Gammie, arboriculteur conseil et Mike Morris, Ingénieur de voirie conseil
 - Comités scientifiques : Voir les noms marqué d'une astérisque [*](version originale). Groupe de relecture (version française) : Damien Provendier (Plante & Cité), Frédéric Ségur (Grand Lyon), Emmanuelle Bougault (VAL'HOR)
 - Recherches, rédaction et traduction : Anne Jaluzot
 - Mise en page et graphismes : Reduction
 - Corrections : Michelle Pauli (version originale), Andrée Jaluzot (traduction française)
- Copyright : Trees and Design Action Group Trust.
Initialement publié en septembre 2014 en anglais par le Trees and Design Action Group Trust sous le titre : *Trees in Hard Landscapes: A Guide for Delivery*.
- ISBN: 978-0-9928686-3-5

Financements

La version originale anglaise de cet ouvrage a été réalisée grâce au généreux soutien financier de :



Postface

Un grand nombre d'experts ont contribué au développement du contenu et à la relecture de ce guide. Tous ont veillé à ce que les informations fournies soient les plus actuelles et pertinentes possibles. Des mises à jour régulières sont prévues pour maintenir cette pertinence au fil du temps. Des rééditions seront mises à disposition sur le site Internet de TDAG.

Les recherches réalisées pour cet ouvrage ont mis en évidence la complexité des défis et solutions associés à l'intégration des arbres en milieu urbain : chaque situation exige une réponse au cas par cas. Pour faciliter ce travail, plutôt que des spécifications prêtes à l'emploi, cet ouvrage offre une synthèse d'informations tirées de multiples domaines en fonction desquels chacun peut asseoir un raisonnement et faire des choix.

32 études de cas sont utilisées pour illustrer le champ des pratiques observées au Royaume-Uni et ailleurs. Les exemples tirés de l'étranger sont souvent l'occasion de découvrir des solutions innovantes et susceptibles de constituer des sources d'inspiration. Il est néanmoins évident que tout projet entrepris doit s'inscrire dans le contexte réglementaire en vigueur localement.

Les photographies présentées ont dans leur grande majorité été prises par des membres de l'équipe lors d'une visite de site plutôt que par un photographe professionnel et reflètent en conséquence les conditions du moment. Certaines de ces images ont été mises à jour lors de la réalisation de cette édition française. TDAG a le projet de mettre à disposition sur son site Internet une version électronique des études de cas montrant comment les réalisations présentées évoluent avec le temps.

Martin Kelly

Président du Trees and Design Action Group,
Et Directeur de l'Aménagement,
Capita Property and Infrastructure





Trees & Design
Action Group

Pour plus d'information :

www.tdag.org.uk

www.valhor.fr et www.citeverte.com

1^{ère} édition française, publiée en mai 2016