

AGROCAMPUS OUEST

- CFR Angers
- CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2020 – 2021</p> <p>Spécialité : Paysage</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) : Ingénierie des espaces verts urbains option « Urban Forestry »</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (Ecole nationale supérieures des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de l'Institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)<input type="checkbox"/> de master d'AGROCAMPUS OUEST (Ecole nationale supérieures des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de l'Institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)<input type="checkbox"/> de Montpellier SupAgro (étudiant arrivé en M2)<input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
---	---

CARACTERISATION DU POTENTIEL DE PLANTATION ARBOREE SUR LE DOMAINE ROUTIER PUBLIC RENNAIS.

Par : Mathieu CORNUT



© Didier Gouray / Ville de Rennes

Soutenu à Angers le 09/09/2021

Devant le jury composé de :

Président : Gilles Galopin

Autres membres du jury : Clarisse Paillard

Maitre de stage : Bertrand Martin

Enseignant référent : Aqnès Grapin et Marie-Reine Fleisch

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est l'aboutissement de toutes les connaissances et expériences acquises durant ces 3 années d'alternance entre la Direction des jardins de la Ville de Rennes et Agrocampus Ouest Angers.

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon apprentissage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire. Je voudrais dans un premier temps remercier, mon maître d'apprentissage Bertrand Martin, responsable du service exploitation de la Direction des jardins, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils et suggestions qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également Jean-Pierre Lorho, technicien de l'unité arbre à la Direction des Jardins, pour m'avoir pris sous son aile, appris les bases du métier et pour toutes les discussions et les bons moments que nous avons pu avoir durant ces 3 années.

Je remercie tout le service de la Direction des Jardins et les collègues des autres services qui m'ont accompagné durant ces 3 années, ont répondu à mes interrogations et ont partagé mon quotidien en entreprise.

Je souhaite également remercier les enseignants qui sont intervenus durant ma dernière année d'études. Merci à Gilles Galopin, à Laure Beudet et à Agnès Grapin qui a su rester attentive à mes questions durant ces 6 derniers mois. Mention spéciale à Marie-Reine Fleisch, responsable de mon option « Urban Forestry » à Nancy. Je la remercie pour tous les efforts qu'elle fait pour faire vivre cette option passionnante et l'attention particulière qu'elle porte à ses étudiants. Je la remercie également pour avoir relu et corrigé mon mémoire.

Enfin je tiens à remercier tous les responsables de services ou d'unités arbre des différentes collectivités, que j'ai été amené à contacter, pour le temps et les réponses qu'elles m'ont accordé malgré leur emploi du temps très chargé.

LISTE DES ABREVIATIONS

AAV : Arbre d'Accompagnement de Voirie

AO : Arbre Ornemental

CPGEP : Cahier des Prescriptions Générales des Espaces Publics

DA : Direction de l'assainissement

DJB : Direction des Jardins et de la Biodiversité

DV : Direction de la voirie

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

HT : Hors taxes

ICU : Ilot de Chaleur Urbain

IFU : Ilot de Fraicheur Urbain

ml : mètre linéaire

MTP : Mélange Terre-Pierre

PESOS : Plantation En Site Opérationnel Sensible

PLUi : Plan Local d'Urbanisme intercommunal

RM : Rennes Métropole

VDR : Ville de Rennes

ZAN : Zéro Artificialisation Nette

GLOSSAIRE

Bio-rétention : Issue des processus de gestion naturelle du cycle de l'eau, utilise les propriétés physiques et biochimiques des plantes en association avec des bactéries et micro-organismes des sols pour contrôler à la fois la qualité et la quantité des eaux.

Dévoitement : Changement de direction d'un réseau enterré. Action de dévoyer ; détournement.

Evapotranspiration : Quantité d'eau qui s'évapore par le sol, les nappes liquides et la transpiration des végétaux.

Ilot de chaleur urbain : Phénomène d'élévation de température localisée en milieu urbain par rapport aux zones rurales voisines.

Services d'origine écosystémique : Les services que procurent les écosystèmes sont les bénéfiques que les humains tirent des écosystèmes. Ceux-ci comprennent des services de prélèvement tels que la nourriture, l'eau, le bois de construction, et la fibre ; les services de régulation qui affectent le climat, les inondations, la maladie, les déchets, et 24 la qualité de l'eau ; des services culturels qui procurent des bénéfiques récréatifs, esthétiques, et spirituels ; et des services d'auto-entretien tels que la formation des sols, la photosynthèse, et le cycle nutritif.

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Illustration du profil thermique caractéristique d'un îlot de chaleur urbain (Akbari et al,1992).	7
Figure 2 : L'îlot de chaleur Urbain à Rennes (Été 2016). (Xavier Foissard, 2017).	8
Figure 3 : Services écosystémiques rendus par l'arbre urbain (B. Raguene, A. Meyer-Grandbastien, 2021).	8
Figure 5 : Carte de l'état-major de Rennes (1820-1866), (Géoportail, 2021).	11
Figure 4 : Carte de Cassini de Rennes au XVIII ^e siècle (Géoportail, 2021).....	11
Figure 6 : Photographie aérienne de Rennes (1950-1965) (Géoportail,2021).	11
Figure 7 : Cartographie des îlots morphologiques urbains à Rennes en 2020 (source : AUDIAR, 2020)	12
Figure 8 : Cartographie de la perception végétale totale à Rennes en 2018 (Kermap, 2020).	13
Figure 9 : Représentation graphique de l'étude (Kermap, 2020).	13
Figure 10 : Cartographie de la hiérarchisation de la voirie rennaise en 2020 (Rennes métropole, 2021).	14
Figure 11 : Disposition des arbres d'accompagnement de voirie à Rennes (M.Cornut, 2020).....	15
Figure 12 : Schéma de représentation de la grandeur des arbres (d'après Larue, 1996).	16
Figure 13 : Coupe montrant les distances à respecter entre les arbres, leur houppier et les façades. (Livret Arbre, CPGEP, 2008).	22
Figure 14 : Exemple de jardin de pluie (Guide de gestion des eaux pluviales. (s. d.).	23
Figure 15 : Schéma de représentation d'un jardin de pluie drainant (Bruxelles Environnement, 2019).	23
Figure 16 : Exemple de noue en bordure de chaussée à Cergy Pontoise (source : Les Cahiers Techniques du bâtiment, 2016).	24
Figure 17 : Schéma d'intégration d'une bande filtrante (source : Bruxelles Environnement, 2020).	24
Figure 18 : Exemple de revêtement perméables sur l'île de Nantes dans un quartier près du futur CHU (M. Cornut, 2021).	25
Figure 19 : Schéma du système de Stockholm (Davies Landscape Architects, 2021).....	26
Figure 20 : Organigramme de méthodologie d'analyse de rue pour déterminer la possibilité de planter (M. Cornut, 2020).	28
Figure 21 : Profil type de voirie en sens unique (CPGEP, 2008).	30
Figure 22 : Profil type de voirie en double sens (CPGEP, 2008).	30
Figure 23 : Exemple de plan de voirie double sens avec plantations en tranchée. (M. Cornut, 2020).	33
Figure 24 : Exemple de plan de voirie double sens avec extension de la fosse de plantation sous le trottoir. (M. Cornut, 2020).	34
Figure 25 : Coûts hors taxes de dévoiement des réseaux enterrés (DV éclairage public, DA, Eaux et bassins rennais, 2021).	36
Figure 26 : Cartographie des îlots de morphologie urbains à l'échelle du quartier Francisco Ferrer / Landry / Poterie (M. Cornut, 2021).....	40
Figure 27 : Résumé des résultats de canopée supplémentaire théorique potentielle. (M. Cornut,2021).	42
Figure 28 : Photographie de la partie nord de la rue de la 87 ^{ème} division d'infanterie territoriale (M. Cornut, 2021).	45
Figure 29 Carte des réseaux d'une partie de la rue de la 87 ^{ème} Division d'infanterie Territoriale (M. Cornut, 2021).	45
Figure 30 Photographie de la partie sud de la rue de la 87 ^{ème} division d'infanterie territoriale (M. Cornut, 2021).	46
Figure 31 Carte des réseaux de la rue de la 87 ^{ème} division d'infanterie territoriale. (Cornut M).	46
Figure 32 Carte des réseaux de la place du Ronceray (M. Cornut,2021).	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Résumé de l'âge des arbres d'accompagnement de voirie, 2021.....	15
Tableau 2 : Résumé de la hauteur des arbres d'accompagnement de voirie, 2021.....	16
Tableau 3 : Synthèse des informations collectées au sein de services municipaux et métropolitains concernant la plantation d'arbres en ville.....	18
Tableau 4 : Détermination du volume de substrat minimum selon le milieu, la nature du substrat et la grandeur de l'arbre.....	22
Tableau 5 : Score Largeur de la voirie.....	29
Tableau 6 : Score « Nombre de réseaux souterrains longitudinaux ».....	29
Tableau 7 : Score « Présence de réseaux aériens longitudinaux ».....	29
Tableau 8 : Score « Conversion de la voirie de double sens à sens unique ».....	30
Tableau 9 : Score « Présence de piste cyclable distincte ».....	30
Tableau 10 : Score « Présence de couloir autobus ».....	30
Tableau 11 : Extrait du tableau de calcul du score de faisabilité sur des données témoins.....	31
Tableau 12 : Score de faisabilité (SF).....	31
Tableau 13 : Canopée théorique individuelle selon la catégorie de grandeur de l'arbre.....	35
Tableau 14 : Coût forfaitaire des travaux à effectuer.....	36
Tableau 15 : Score du coût des travaux selon l'intervalle de prix.....	36
Tableau 16 : Score de canopée théorique par mètre linéaire de voirie aménageable.....	37
Tableau 17 : Score de canopée théorique par mètre linéaire de voirie aménageable.....	37
Tableau 18 : Extrait du tableau de détermination du score d'efficacité de plantation.....	38
Tableau 19 : Tableau du score d'efficacité de plantation.....	38
Tableau 20 : Part de voirie publique non plantée et plantée par rapport au linéaire total de voirie publique.....	40
Tableau 21 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie non plantée du quartier 7.....	41
Tableau 22 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie plantée du quartier 7.....	41
Tableau 23 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie non plantée du quartier 7.....	43
Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie plantée du quartier 7.....	43
Tableau 25 : Echantillon de comparaison des scores d'efficacité et de faisabilité sur des voies du quartier 7.....	44

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations.....	2
Glossaire.....	3
Liste des illustrations.....	4
Liste des tableaux.....	5
Introduction.....	7
Partie I : Etude préalable de la voirie et du patrimoine arboré en accompagnement de voirie.....	10
1 - Présentation de la ville.....	10
1. l'évolution de la ville depuis le XVIIème siècle.....	11

2.	Les morphologies urbaines de Rennes	12
3.	La nature en ville	13
2 -	La voirie existante à Rennes	13
3 -	Le patrimoine arboré d'accompagnement de voirie	15
1.	Répartition du patrimoine arboré d'accompagnement de voirie.....	15
2.	L'âge du patrimoine arboré.....	15
3.	Hauteur des arbres	16
Partie II :	Etude Prospective des stratégies de plantation en ville	16
1-	Etude prospective des stratégies de végétalisation de collectivités.....	16
1.	Outils et méthodes.....	16
2.	Résultats.....	17
3.	Discussion	21
2-	Etude bibliographique des typologies de plantation sur voirie possibles	21
1-	Cahier des prescriptions générales des espaces publics (CPGEP) de la ville de Rennes Livret B (Arbre, Voirie)	21
2-	Dispositifs d'aménagement, guidebatimentdurable, Brussels	23
3-	Arbres en milieu urbain, guide de mise en œuvre, Trees & Design Action group.....	25
Partie III :	Proposition de stratégie de caractérisation du potentiel de plantation du domaine routier public rennais.....	27
1 –	Analyse multicritère de la faisabilité de plantation sur voirie	27
1-	Matériel et méthodes.....	27
2-	Résultats	27
1-	Discussion	31
2 –	Analyse multicritère de l'efficacité de plantation sur voirie	32
1-	Matériel et méthodes.....	32
2-	Résultats	33
1.	Discussion	38
Partie IV :	Etude de cas ; Quartier 7 Francisco Ferrer / Landry / Poterie	39
1 -	Matériels et méthodes	39
1.	Analyse et traitement de la voirie publique du Quartier 7.	39
2.	Justification du choix du quartier	40
2-	Résultats.....	40
1	Discussion	48
Conclusion	49
Bibliographie	50
Sitographie.....	51

AVANT- PROPOS

Ce mémoire a été réalisé durant mon apprentissage au sein de la Direction des Jardins et de la Biodiversité de la Ville de Rennes. Ayant un rôle de chargé d'études sur la thématique de l'arbre aux côtés du responsable du service exploitation et du technicien de l'arbre, j'avais pour tâche de les épauler dans les travaux techniques et de recherche.

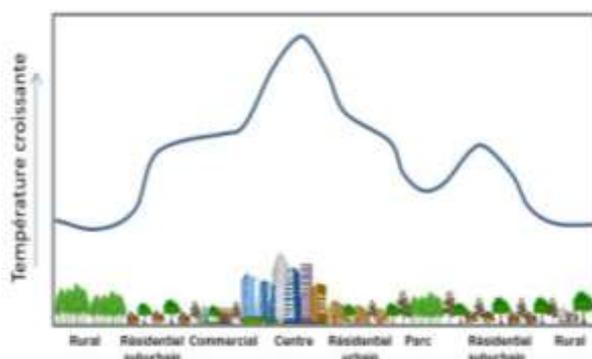
Durant ces trois années j'ai pu observer et participer à l'élaboration de plusieurs missions dont la charte de l'arbre. Celles-ci ont la particularité de se compléter pour améliorer les pratiques et les connaissances autour de l'arbre en ville. À la suite des dernières élections municipales, les élus ont fixé l'objectif de planter 30 000 arbres à Rennes durant le mandat. C'est pour cette raison que j'ai traité le sujet des arbres d'accompagnement de voirie. Cette réflexion fait partie d'un ensemble d'études ayant pour but d'augmenter le nombre d'arbres en ville pour atteindre l'objectif politique.

Cette étude vise à comprendre quels éléments déterminent la possibilité de planter des arbres dans les rues de la ville. Elle vise également à prendre conscience de l'ampleur de l'investissement nécessaire et la nécessité de découvrir de nouvelles pratiques pour intégrer la végétalisation de Rennes avec les autres services traitant de l'environnement.

Bonne lecture.

INTRODUCTION

« Depuis la période préindustrielle (1850-1900), la température moyenne de l'air à la surface des terres émergées a augmenté considérablement plus que la température moyenne à la surface du globe (terres émergées et océan). » (GIEC, 2020). Ce changement climatique s'est particulièrement accentué à partir des années 1980. « Les cinq dernières années ont été les plus chaudes observées depuis 1850. » (NASA ; NOAA ; Hadley Center dans « Chiffres clés du climat. France, Europe et Monde. » 2020). En France, la température moyenne annuelle s'est nettement réchauffée depuis 1900. La dernière décennie a été marquée par les années les plus chaudes depuis le début du XX^e siècle (2011, 2014 et 2018,) (Météo France, 2019). Nous constatons une augmentation de la récurrence des vagues de chaleur depuis plusieurs décennies. « Sur la base du recensement des vagues de chaleur depuis 1947, il apparaît clairement que la fréquence et l'intensité de ces évènements a augmenté au cours des trente dernières années. » (Météo France, 2019)



A l'échelle des villes, les vagues de chaleur et l'augmentation des températures moyennes sont amplifiées du fait de la forte minéralisation (routes, bâtiments) et de l'absence d'espaces verts. Il en résulte un phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) durant les périodes estivales.

Figure 1 : Illustration du profil thermique caractéristique d'un îlot de chaleur urbain (Akbari et al,1992).

L'observation de la cartographie des îlots de chaleur urbains à Rennes montre une très nette différence entre la ville et la campagne. L'ICU est particulièrement intense en centre-ville et s'atténue à mesure qu'on s'éloigne de celui-ci. Nous pouvons également observer l'impact de la présence du Parc des Gayeulles au nord-est de la ville, la zone de la Prévalaye au sud-ouest ainsi que les Prairies St-Martin au nord-centre.

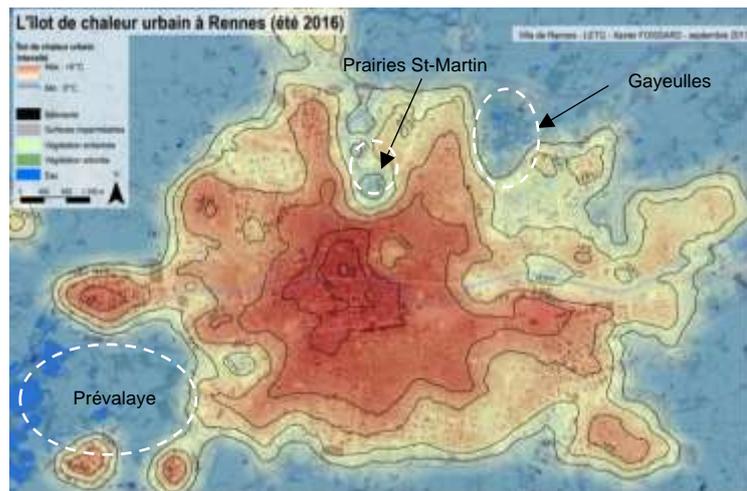


Figure 2 : L'îlot de chaleur Urbain à Rennes (Été 2016). (X. Foissard, 2017).

Ces trois zones avec peu d'urbanisation, très végétalisées et avec des cours ou points d'eau représentent des îlots de fraîcheur importants au sein de la ville. (5°C d'intensité de l'ICU d'écart avec le centre-ville). Elles permettent aux habitants de profiter de fraîcheur en cas de forte chaleur. Toutefois, la ville reste très sujette aux ICU ce qui provoque des conditions inconfortables pour le bien-être des habitants. Les déplacements à pied ou à vélo sont difficiles dans de telles conditions, ce qui favorise la prise de la voiture pour se déplacer car elle est dotée de la climatisation. Or, la voiture est l'une des causes des ICU. La ville se retrouve alors dans un cercle vicieux.



Figure 3 : Services écosystémiques rendus par l'arbre urbain (B. Raguenet, A. Meyer-Grandbastien, 2021).

Afin d'offrir des conditions de vie plus supportables, des solutions à l'échelle locale permettent de sensiblement atténuer l'intensité de l'ICU. Par exemple, un environnement à l'ombre est moins soumis à la chaleur du plein soleil. Les points d'eau tels que les fontaines, les

pataugeoires, les brumisateurs d'eau apportent aussi de la fraîcheur en ville. Les principaux atouts dont disposent les collectivités sont les éléments de nature et plus particulièrement les arbres. En effet, ceux-ci du fait de leur taille et de leur feuillage apportent davantage de services écosystémiques. En été, la canopée d'un arbre peut arrêter 70 à 90% du rayonnement solaire. (Vinet, 2000). De plus, il humidifie l'air grâce à l'évapotranspiration par ses feuilles. Le système racinaire de l'arbre capte en plus les eaux de pluie. Cet ensemble de phénomènes apporte un réel effet de rafraîchissement de l'air à condition que l'arbre ait une réserve utile en eau suffisante et des conditions de vie correctes pour supporter la chaleur et l'ensoleillement.

En raison de leur grande utilité, les collectivités ont basé leur stratégie de lutte contre les ICU sur la plantation massive d'arbres en ville. C'est le cas de Rennes. L'objectif fixé est la plantation de 30 000 arbres pour la durée du mandat entre 2020 et 2026. Cependant il ne s'agit pas de planter une forêt de 30 000 arbres en bordure de ville. Ces arbres doivent répondre au besoin de fraîcheur des habitants. Ils doivent donc se situer en hypercentre/centre-ville, dans les endroits les plus fréquentés et où les ICU sont les plus intenses. Il faut se focaliser sur les espaces minéralisés qui concentrent la chaleur tels que les routes, les places, les parvis...

Une stratégie d'augmentation du patrimoine végétal est en réflexion par les services responsables des espaces verts à l'échelle de la ville. Pour l'instant seul le centre-ville est doté d'une stratégie de végétalisation spécifique. A l'échelle de la ville tout entière, l'objectif à court terme est de planter dans les zones facilement plantables (espaces verts, allées enherbées, promenades, squares) où il y a de la place disponible. Dans cet objectif, un recensement des espaces disponibles a été lancé au sein du service de la Direction des Jardins et de la Biodiversité (DJB). La DJB est le service qui a la compétence des espaces verts. La voirie est propriété de Rennes métropole mais la gestion des arbres d'accompagnement de voirie appartient à la DJB sur le territoire rennais.

A moyen terme il faut déterminer tous les endroits plus contraints où il est possible de planter, notamment en accompagnement de voirie, sur les parkings, places et placettes. Le flux d'usagers y est important et ce sont des espaces fortement minéralisés qui couvrent une grande partie du territoire. La problématique posée est la suivante : **Quel est le potentiel de plantation arborée sur le domaine routier public rennais ?** L'objet d'étude de ce mémoire est de réfléchir à la caractérisation de la voirie rennaise. L'objectif est d'identifier les voiries et les places non végétalisées où il serait possible de planter des arbres, à l'échelle d'un grand quartier. Ensuite, l'ambition est d'étendre cette réflexion à l'échelle de la ville. La mission se concentre sur la voirie publique. Cette étude permettra de produire un outil pour déterminer la possibilité de planter des arbres dans les bonnes conditions en accompagnement de voirie. Il doit également permettre d'obtenir des valeurs de surface de canopée apportée.

La première hypothèse émise est que la voirie publique possède un potentiel important pour la plantation d'arbre. En effet il reste beaucoup de rues qui ne sont pas végétalisées mais qui pourraient l'être avec une analyse poussée de leur morphologie. De plus, cette analyse poussée pourrait permettre la plantation d'arbres également sur les rues déjà plantées. La typologie de plantation proposée sur chaque rue permettra de planter des arbres en intégrant le ruissellement des eaux de pluies. Cela limitera les risques d'inondations en cas d'intempéries et permettra d'économiser de l'eau potable si l'arbre est récemment planté. Toutefois, il est essentiel de ne pas planter n'importe comment. Assurer des conditions de vie

optimales à un arbre garantit ses fonctions naturelles tels que l'évapotranspiration qui permet la diminution des températures locales et la réduction des îlots de chaleur urbains et la captation des eaux de pluie par le système racinaire qui permet leur gestion. Les arbres apportent également des services sociaux notamment en favorisant les interactions sociales, etc. Les disservices apportés par un arbre sont négligeables s'il est planté dans les bonnes conditions, ils ne seront pas pris en compte dans le cadre de cette étude.

La seconde hypothèse est que la canopée apportée par les nouveaux arbres plantés dépendra des conditions de vie qui leur sont données et donc de l'investissement de la ville. Il sera préférable de planter moins d'arbres dans les bonnes conditions que d'en planter beaucoup à courte distance si le volume de terre est limité.

Les questions subsidiaires auquel le plan doit répondre progressivement sont : Que possède la Ville de Rennes en patrimoine arboré d'accompagnement de voirie ? Quelles sont les études de stratégie de végétalisation menées par les autres collectivités ? Comment évaluer la faisabilité de plantation d'une voie ? Quelle typologie de plantation selon la morphologie de la voirie ? Comment évaluer l'efficacité de la plantation ? Peut-on hiérarchiser les voies à planter ?

Dans un premier temps nous ferons un état des lieux du patrimoine de voirie ainsi que du patrimoine arboré d'accompagnement de voirie de Rennes. Dans un second temps nous proposerons une étude prospective des projets et une étude des stratégies de végétalisation similaires en France ainsi qu'une étude sur les typologies de plantation. Dans un troisième temps nous proposerons une méthodologie pour caractériser le potentiel de plantation de la voirie. Pour terminer, cette méthodologie sera appliquée à l'échelle d'un quartier puis elle sera commentée pour faire le bilan.

PARTIE I : ETUDE PREALABLE DE LA VOIRIE ET DU PATRIMOINE ARBORE EN ACCOMPAGNEMENT DE VOIRIE.

Les informations ont été recueillies sur l'open data de Rennes métropole, par l'intermédiaire des collègues de travail et grâce à des cartographies réalisées avec un logiciel SIG.

1 - PRESENTATION DE LA VILLE

Rennes, dans le département Ille et Villaine, est la plus grande ville et le chef-lieu de la Bretagne avec ses 221 898 habitants. (Sources : Insee, RP2018 (géographie au 01/01/2020)). Elle représente une superficie de 50,39 km² avec une densité de 4403 hab/km². Rennes est une des 20 plus grandes villes de France.

1. L'ÉVOLUTION DE LA VILLE DEPUIS LE XVIIÈME SIÈCLE



Figure 5 : Carte de Cassini de Rennes au XVIII^e siècle (Géoportail, 2021).

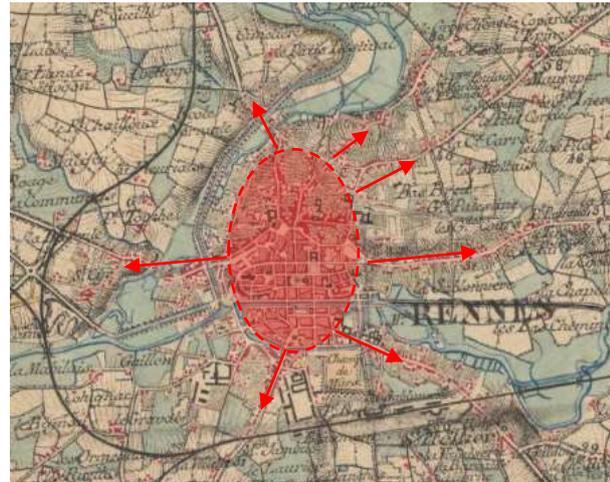


Figure 4 : Carte de l'état-major de Rennes (1820-1866), (Géoportail, 2021).

A l'époque la ville était bien plus petite. Au XVIII^e siècle seul le centre-ville médiéval existait. La ville ne franchissait pas encore la Vilaine comme c'est le cas aujourd'hui. Il y avait également des faubourgs autour de la ville. Au XIX^e siècle la ville s'est agrandie, l'urbanisation a franchi la Vilaine et les faubourgs ont fusionné avec la ville pour en faire partie. Les habitations se sont construites progressivement le long des axes routiers se dirigeant vers les autres grandes villes aux alentours.

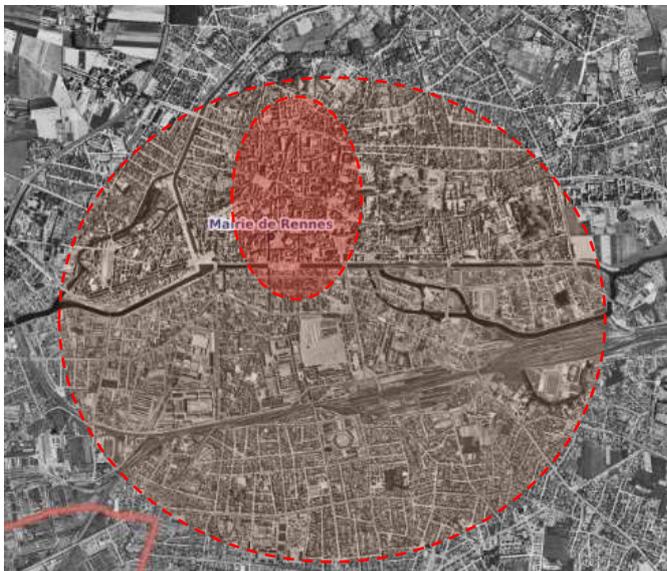


Figure 6 : Photographie aérienne de Rennes (1950-1965) (Géoportail, 2021).

Au XX^e siècle, la ville s'est étalée. L'urbanisation s'est étendue tout autour de la ville de l'époque. En dehors du centre-ville les habitations étaient à caractère pavillonnaire. Le parc des Gayeulles n'existait pas, il y avait un hippodrome à la place. Les prairies St-Martin, étaient utilisées, pour la partie nord, pour des activités industrielles, tandis que la partie sud était utilisée pour des jardins ouvriers. La ville était encore très industrialisée, avec notamment l'usine PSA de fabrication de pièces sur l'actuelle ZI Ouest. « La Barre-Thomas, c'était la toute première usine Citroën à [Rennes](#) (1953) » d'après L. Le Goff sur Ouest France, 2021.

Le périphérique routier n'existait pas encore. Il ne fut construit qu'en 1968. Aujourd'hui Rennes est ceinturée par la rocade. Elle se densifie mais ne s'étale plus. Les anciennes maisons pavillonnaires sont détruites puis le terrain libéré sert à construire des immeubles ou habitats collectifs afin d'augmenter la capacité d'accueil de la ville. Ce choix vise à limiter l'étalement urbain et à conserver une ville à taille humaine. Cela participe aujourd'hui à répondre à l'objectif Zéro Artificialisation Net (ZAN) inscrit au « plan biodiversité » par le gouvernement.

(J. Fosse, 2018)¹.

2. LES MORPHOLOGIES URBAINES DE RENNES

La carte ci-dessous a été réalisée par l'AUDIAR, agence d'urbanisme de Rennes, elle définit la nature des ilots urbains de la ville. Il y a des ilots urbains d'activité (industries, bureaux privés...), de bâtiments en zone agricole ou naturelle, d'autres sont en cours d'aménagement (les zones d'aménagement concertées (ZAC)). Il y a également les ilots d'équipement (universités, gare ferroviaire, locaux des agents municipaux, cantines municipales, piscines...). Enfin il y a les ilots de logement collectif et individuel (les immeubles et les pavillons). La répartition des ilots permet d'identifier les grands secteurs de la ville comme les zones d'activités, les quartiers pavillonnaires, les universités, les zones rurales...

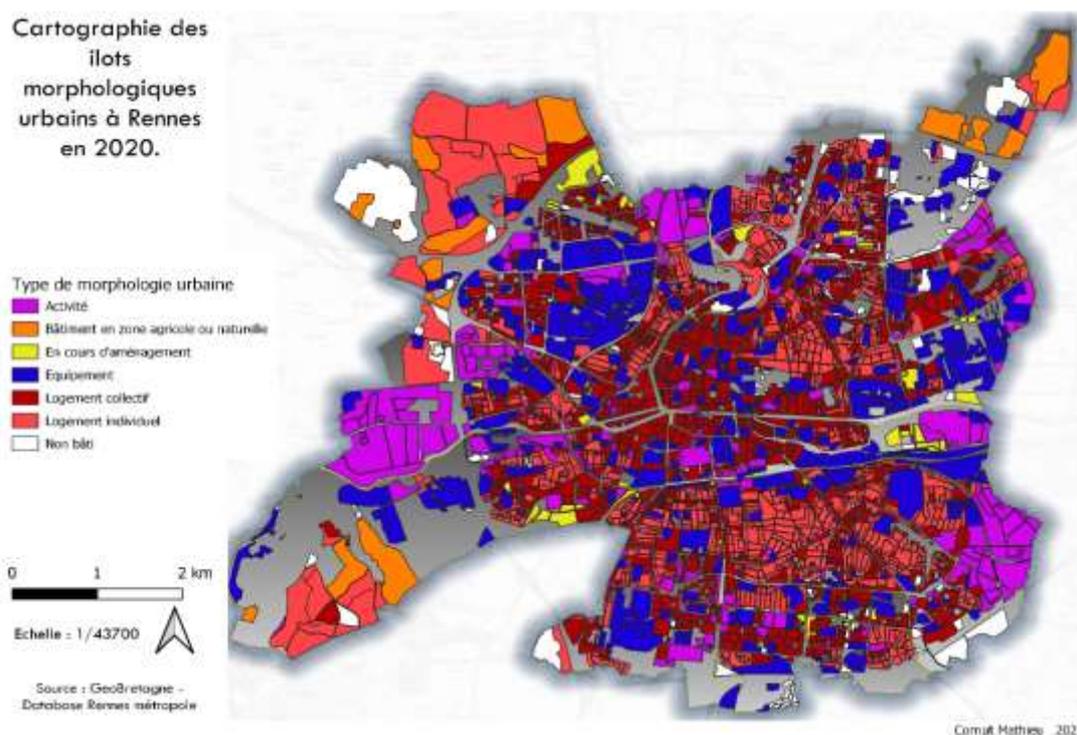


Figure 7 : Cartographie des ilots morphologiques urbains à Rennes en 2020 (source : AUDIAR, 2020)

Le centre-ville est majoritairement du logement collectif, tandis que les autres quartiers mixent du logement collectif et individuel. C'est particulièrement le cas du quartier Sud-Gare. Les ilots d'activités économiques sont plutôt situés aux extrémités de la ville à l'ouest et à l'est.

Enfin les ilots d'équipements sont répartis dans toute la ville. Ceux-ci correspondent à tout ce qui n'est pas un logement ou une zone d'activité de service ou industrielle. Les ilots en cours d'aménagement sont relativement peu nombreux en comparaison des autres types de morphologies urbaines. En observant en dehors de la rocade, les ilots morphologiques sont majoritairement de nature agricole ou naturelle, il y a également quelques ilots de logements individuels. Cette cartographie montre bien la rupture de la ville entre l'intérieur et l'extérieur de la rocade. En extérieur, l'environnement est encore rural. Tandis qu'à l'intérieur, l'environnement est très dense, et particulièrement en son centre-ville.

3. LA NATURE EN VILLE

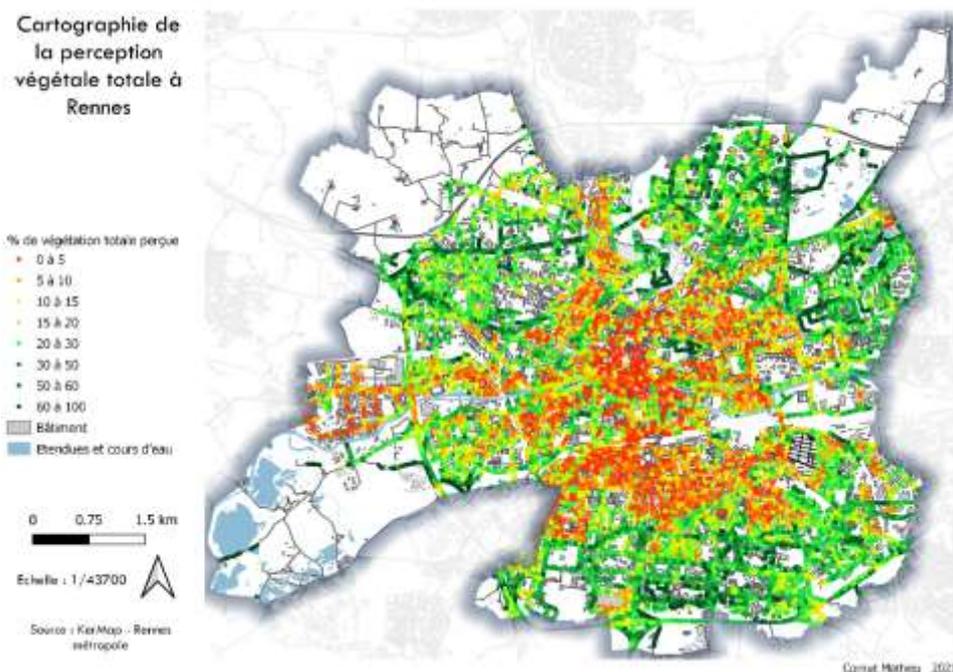


Figure 8 : Cartographie de la perception végétale totale à Rennes en 2018 (Kermap, 2020).

Cette étude a été réalisée par l'entreprise privée Kermap, spécialisée en analyse cartographique. Elle est basée sur des recherches du MIT, les photographies de Google Street View sont analysées à l'échelle de toute la ville selon une approche de traitement d'image automatique qui repère tous les éléments de nature. Elle repère précisément chaque strate végétale et évalue son taux de perception par rapport à la totalité de l'image analysée.



Figure 9 : Représentation graphique de l'étude (Kermap, 2020).

2 - LA VOIRIE EXISTANTE A RENNES

Aujourd'hui, la voirie publique de la métropole représente 2400 Km. La Direction de la Voirie (**DV**) est propriétaire et gestionnaire de ces routes. Les données concernant uniquement la ville de Rennes ne sont pas connues en raison de la compétence métropolitaine du domaine. Les informations connues sont donc à l'échelle de la métropole. Les données à l'échelle de la ville sont en cours de production par la DV. Il n'y a à ce jour que peu d'informations globales à l'échelle de la Ville concernant la voirie.

Rennes est constituée de 895 rues, 215 allées, 184 squares, 74 lieux-dits, 63 places et 56 boulevards et 52 avenues, ce qui représente plus de 1355 espaces de voirie. A titre de comparaison, Paris possède plus de 5000 rues, avenues, boulevards...

La Ville a élaboré en 2008 un cahier des prescriptions générales des espaces publics (CPGEP) dans lequel figurent la dénomination des espaces ainsi que la hiérarchie de la voirie. L'étude se focalise sur les espaces « ordinaires » de la ville, c'est-à-dire les réseaux de transit, artériels, de distribution et de desserte locale. Elle se concentre également sur les lieux « particuliers », c'est-à-dire les carrefours, placettes, squares, parkings... D'après le 1^{er} livret « Enjeux, Composition » du Cahier des prescriptions générales de l'Espace Public, la hiérarchisation de la voirie se décompose en 4 niveaux : Le réseau de transit, le réseau structurant, le réseau de distribution et le réseau de desserte.

Le "Réseau de transit" correspond au réseau stratégique comportant 4 axes convergeant vers Rennes et la deuxième ceinture rennaise. Le "Réseau structurant" correspond au réseau structurant la métropole et les communes (anciennes routes départementales, et anciennes routes communales, ceinture de desserte d'agglomération, voie structurant l'aire urbaine). Le "Réseau de distribution" correspond au maillage de distribution à l'échelle d'un quartier ou d'une commune (anciennes routes départementales, et anciennes voies communales, voie principale communale, voie communale principale hors agglomération, voie de desserte urbaine). Le "Réseau de desserte" correspond au maillage fin de desserte de proximité intra-quartier ou de desserte rurale (anciennes voies communales, voie inter quartier, voie de desserte locale).

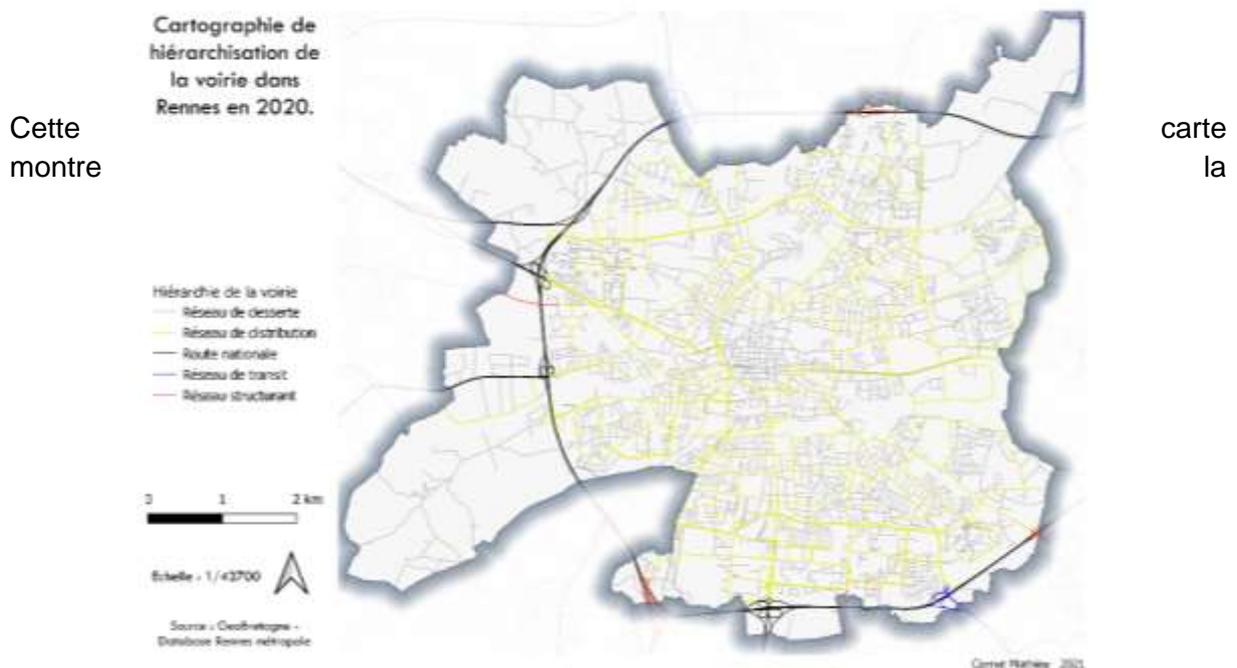


Figure 10 : Cartographie de la hiérarchisation de la voirie rennaise en 2020 (Rennes métropole, 2021).

répartition des voies selon leur hiérarchisation. La grande majorité des voies intra-rocade font partie du réseau de desserte. Ce réseau est l'équivalent pour le système sanguin des capillaires. Il permet de desservir chaque îlot d'habitations vers le réseau de distribution, second réseau majoritaire dans la ville. Ce second réseau est l'équivalent des veines pour le corps. Il permet de connecter tous les quartiers de la ville entre eux et de les connecter avec

les routes nationales pour transiter vers d'autres villes et communes.

3 - LE PATRIMOINE ARBORE D'ACCOMPAGNEMENT DE VOIRIE

Rennes est dotée d'un patrimoine d'environ 130 000 arbres sur le domaine public. Parmi ces arbres environ 23 500 sont en accompagnement de voirie. Le reste constitue les arbres ornementaux (environ 30 000) qui se situent sur les espaces verts (parc, square, jardin...) et les arbres des espaces boisés (Environ 70 000) Le tableau attributaire de la couche SIG « Arbres d'alignement en accompagnement de voirie de Rennes » a permis de produire des statistiques sur plusieurs caractéristiques des arbres dont voici les résultats.

1. REPARTITION DU PATRIMOINE ARBORE D'ACCOMPAGNEMENT DE VOIRIE.

La répartition des arbres d'accompagnement en ville montre que les quartiers aux extrémités de la ville ont une voirie plus arborée que les quartiers dans le centre-ville. Les quartiers Centre, Villejean / Beauregard, Tabor / Saint-Hélier / Alphonse Guérin / Baud-Chardonnet ainsi que Cleunay / Arsenal / Redon, ont une voirie peu arborée. Il faut toutefois noter que le quartier Tabor possède plusieurs parcs dont le Tabor et Oberthur, tandis que le quartier Cleunay/Arsenal/Redon est en partie une zone rurale avec le site de la Prévalaye qui présente peu de routes.

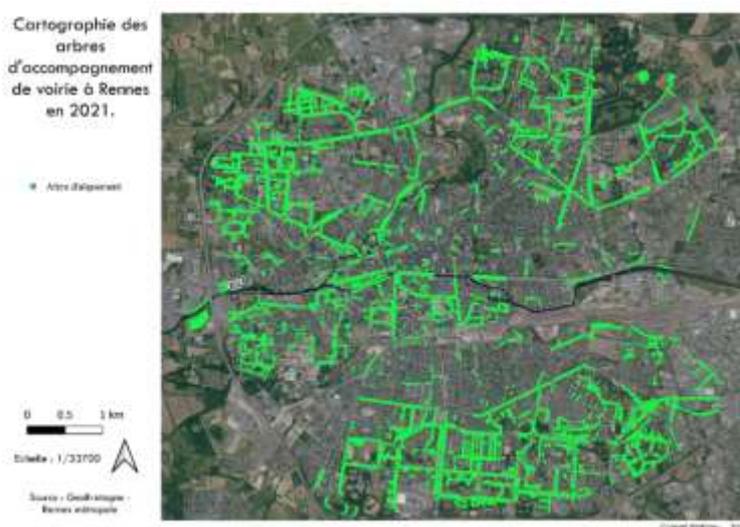


Figure 11 : Disposition des arbres d'accompagnement de voirie à Rennes (M.Cornut, 2020).

2. L'AGE DU PATRIMOINE ARBORE

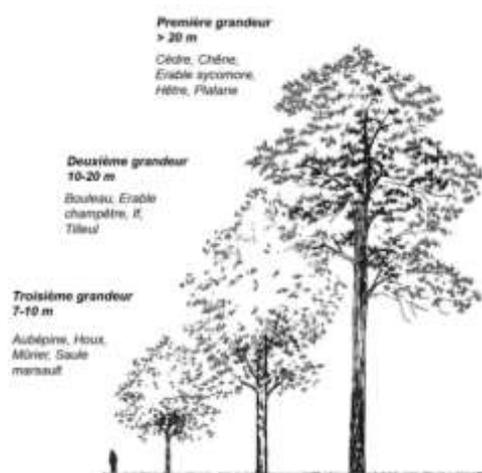
Tableau 1 : Résumé de l'âge des arbres d'accompagnement de voirie, 2021.

	Nombre	%
Total	23536	100,0
Entre 0 et 20 ans	4666	19,8
Entre 21 et 40 ans	7691	32,7
Entre 41 et 60 ans	9349	39,7
Entre 61 et 80 ans	773	3,3
> 80 ans	172	0,7
Non renseigné	885	3,8

La majorité des arbres a un âge situé en 21 et 60 ans. Ils représentent à eux seuls 72,4% soit un peu plus que 2/3 du patrimoine arboré. Les très vieux arbres représentent 4% du patrimoine, ils sont sous-représentés. Enfin les arbres récemment plantés représentent environ 20% soit 1/5 du patrimoine arboré. L'âge moyen des arbres d'accompagnement de voirie est de 35,7 ans. En déduction, la majorité des arbres d'accompagnement de voirie ont atteint leur stade mature. Cependant il y a une bonne dynamique de plantation qui permet d'avoir une part importante de jeunes arbres.

3. HAUTEUR DES ARBRES

Les arbres sont classés dans trois catégories selon leur grandeur.



- Plus de 20 mètres : 1^{ère} catégorie de grandeur
- Entre 10 et 20 mètres : 2^{ème} catégorie de grandeur
- Moins de 10 mètres : 3^{ème} catégorie de grandeur

Les données de hauteur des arbres récoltées sont classées dans ces catégories.

Figure 12 : Schéma de représentation de la grandeur des arbres (d'après Larue, 1996).

Tableau 2 : Résumé de la hauteur des arbres d'accompagnement de voirie, 2021.

	Nombre	%
Total	23536	100
>20 mètres	7	0,03
15 à 20 mètres	731	3,11
<15 mètres	3626	15,41
Non renseigné	19172	81,46

Les données récoltées ne sont pas suffisantes pour interpréter chiffres sur la taille des arbres.

PARTIE II : ETUDE PROSPECTIVE DES STRATEGIES DE PLANTATION EN VILLE

1- ETUDE PROSPECTIVE DES STRATEGIES DE VEGETALISATION DE COLLECTIVITES

1. OUTILS ET METHODES

La première étape fut de rechercher des études de stratégie de végétalisation à l'échelle de collectivités ou des études de caractérisation de potentiel de plantation d'arbres dans les rues.

Les mots clés utilisés sont : « Etude », « Végétalisation », « Arbre », « Plantation », « Ville », « Collectivité », « Potentiel », « Carence en végétal », « Urbain », « Shade Trees », « Greening », « City », « Urban ». Ces mots clés ont été recherchés sur des moteurs de recherche google scholar et google classique. Cela nous a permis de nous informer au sujet de deux documents : « Espaces publics à végétaliser, étude exploratoire » rédigé par l'agence parisienne d'urbanisme (APUR) ainsi que « Espaces publics à végétaliser, cahier 1 : identification des sites potentiels ».

Nous avons dans un second temps recherché des études dans la base de recherches de Plantes & Cité qui possède un grand nombre d'études réalisées autour du végétal en ville.

Pour terminer, une dizaine de collectivités ont été contactées, certaines figurant parmi les villes les plus « vertes » de France d'après le classement UNEP HORTIS et qui sont donc théoriquement les plus investies dans le domaine du végétal en ville. Finalement, les villes de Nantes, Nancy, Grenoble, Valence, Lyon, Strasbourg, Angers, Metz, Tours et Orléans ont été contactées par mail. Nous avons organisé un créneau d'une heure pour échanger. Cela a abouti à une série de visioconférences ou d'appels téléphoniques avec les responsables de la gestion du patrimoine arboré ou avec des chargés d'études autour de la thématique de l'arbre en ville.

2. RESULTATS

1. ESPACES PUBLICS A VEGETALISER, APUR, JUIN 2020.

1. ETUDE EXPLORATOIRE

Cette étude réalisée en 2020 par l'agence parisienne d'urbanisme (APUR), fait un état des lieux de la présence des arbres sur la voirie parisienne. De plus elle présente les enjeux qui sont pris en compte par la thématique du végétal en ville.

Chaque enjeu présenté représente un critère qui permet d'identifier les sites qui ont un intérêt particulier. Ces critères sont de nature, historique, morphologique, écologique, opportuniste, etc. De plus la crise sanitaire actuelle a entraîné la ville à évoluer. Les cheminements piétons de moins de 2,80m de large posant des difficultés à appliquer les distanciations physiques, « de nombreux aménagements temporaires sont mis en place, regagnant ainsi de l'espace sur la partie actuellement dédiée à la circulation automobile. » d'après Yann-Fanch Vauleon, page 4 de l'étude exploratoire de l'APUR, 2020.

L'étude fait état de la présence de 89% des 106 000 arbres d'alignement sur les voies dont la largeur est supérieure à 19 m. 9,5% des arbres d'alignement se situent sur les voies dont la largeur est située entre 11 et 19 m. Enfin 1,5% des arbres d'alignement sont situés sur des voies de moins de 11 m de large.

La synthèse de cette étude montre, d'une part que les voies déjà plantées méritent de voir leur végétation renforcée. C'est-à-dire, de rajouter des alignements d'arbres, de densifier les alignements existants mais également d'apporter systématiquement d'autres strates de végétation en accompagnement de la strate arborée. Et ce, afin de renforcer la fonctionnalité écologique des alignements ainsi que l'évapotranspiration sur la voie.

2. CAHIER 1 : IDENTIFICATION DES SITES POTENTIELS

Ce second document, propose au total huit actions pour répondre aux enjeux énoncés en synthèse de l'étude exploratoire. Les cinq premières actions visent à renforcer la végétalisation des rues déjà plantées. Les deux premières actions ont principalement un enjeu paysager et patrimonial. Elles visent à renforcer les mails et les doubles alignements d'arbres sur les voies de plus de 19 m de large. La troisième action se concentre sur l'amélioration de la qualité paysagère des trottoirs de plus de 6 m de large déjà plantés. Les quatrième et cinquième actions portent sur la plantation supplémentaire d'arbres sur les rues de plus de 19 m de large et celles entre 11 et 19 m de large qui présentent un potentiel au regard des réseaux. Enfin les trois dernières actions portent sur la végétalisation des rues à proximité des espaces verts, des écoles et des rues résidentielles.

Le bilan du potentiel de plantations de ces actions montre un potentiel de plantation de 19850 arbres au total représentant 145,5 ha de surfaces végétalisables au sol. Selon la largeur et la nature de la voie, des arbres de différentes catégorie de taille sont proposés. La distance de plantation entre les arbres varie selon leur grandeur (10 m pour la 1^{ère} grandeur, 8 m pour la 2^{nde} grandeur et 6 m pour la 3^{ème} grandeur).

L'étude propose également des coefficients de pondération selon la nature de la rue. Ainsi pour une rue de plus de 19 m de large, 50 % du linéaire de la voie sera végétalisé. Pour une rue entre 11 et 19 m de large, le coefficient de pondération est de 40%. Enfin pour une voie de moins de 11 m de large, le coefficient est de 30% de la surface de la voie. Ce coefficient de pondération vise à considérer les contraintes liées à la voie : place de livraison, arrêt de bus, croisement... Ainsi ces deux étapes de l'étude donnent un bon aperçu des enjeux à définir ainsi que des propositions d'actions qui leur correspondent. Les coefficients de pondération issus de la réflexion des services de la ville ne sont pas basés sur une étude scientifique mais sur l'expérience des gestionnaires. Ils sont intéressants à retenir dans le cadre de notre étude.

2. ETUDE PROSPECTIVE DE PLUSIEURS MOYENNES ET GRANDES COLLECTIVITES AU SUJET DE LA STRATEGIE DE VEGETALISATION OU DE CARACTERISATION DU POTENTIEL DE PLANTATION ARBOREE.

Les collectivités ou inter-collectivités de Nancy, Brest et Metz n'ont pas répondu à nos sollicitations. Les collectivités ou inter-collectivités de Nantes, Angers, Bordeaux, Valence, Grenoble, Strasbourg, Orléans, Tours ont accepté d'échanger avec nous. Le tableau suivant synthétise toutes les informations globales recueillies concernant le service en charge de la plantation de nouveaux arbres et les études en cours ou réalisées qui traitent de près ou de loin du sujet de la caractérisation du potentiel de plantation des arbres sur la voirie publique.

Tableau 3 : Synthèse des informations collectées au sein de services municipaux et métropolitains concernant la plantation d'arbres en ville.

Collectivité	Contact	Objectif	Informations générales	Stratégies, plans, études...
Ville d'Angers	Marc Houdon, Directeur de la Direction des Jardins	100 000 arbres en 6 ans	La Direction des Jardins porte systématiquement un avis sur chaque projet porté par la DEP Il en est de même pour les projets portés par des aménageurs privés.	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Avis apportés par la DJ sur le Plan de réhabilitation des voies ainsi que sur le Plan vélo de la Ville. <p>Opérations de remplacement des arbres abattus non systématiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Cela dépend des contraintes, notamment la présence de réseaux souterrains
Grenoble Alpes Métropole	Adrien Taccoen, Chargé de mission, service patrimoine arboré	Non renseigné	Service « Patrimoine Arboré » créé depuis 5 ans	<p>Indice NDVI réalisé à l'échelle de la métropole pour évaluer le pourcentage de végétalisation</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ 56% à l'échelle de la métropole, 26% à l'échelle de Grenoble <p>Etudes sur les ilots de chaleur urbains grâce à la cartographie satellite Landsat -> Donne un aperçu à l'échelle des quartiers</p> <p>Stratégie de plantation sur la voirie (en cours de réalisation)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Cartographie sur l'indice de canopée ➔ Les enjeux sont le confort thermique, la biodiversité et la qualité paysagère
Orléans Métropole	Pierre Hery, responsable pôle expertise	Non renseigné	La métropole a rassemblé plusieurs services dont celui des espaces verts en un seul « Direction des Espaces Publics »	<p>Pas de stratégie, mais une volonté politique et technique en faveur</p> <p>Suppression des places de parking à la faveur de la plantation d'arbres (validé par les élus)</p> <p>Réaménagement des rues : plantation systématique d'arbres</p> <p>Enjeux sur les renouvellements des arbres existants</p>
Ville de Tours	Jac Boutaud, responsable de la gestion du patrimoine arboré	30 000 arbres en 6 ans	Service des Parcs et Jardins en charge de la gestion du patrimoine arboré	<p>Un groupement de bureaux d'études privés travaille sur un schéma directeur vert (en cours).</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Comment végétaliser ? Ou fixer les priorités de plantation ? <p>Le service Parcs et Jardins transmet des repérages de zones où planter aux élus, qui choisissent selon les enjeux.</p> <p>PLU en cours de révision</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Inciter les propriétaires fonciers privés à planter des arbres (en discussion)
Nantes métropole	Clarisse Paillard, responsable du service développement de la canopée	50 000 en 6 ans	3 unités dans la direction Nature et Jardins : -Connaissance du patrimoine -Développement de la canopée -Gestion et plantation Le service étant très jeune, les	<p>Renouvellement du patrimoine existant sur la métropole (déjà acté)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➔ Intégration concrète biodiversité et climat dans la réflexion du choix des essences replantées ➔ Intégrer les arbres dans la gestion des eaux de ruissellement (bordures retirées) <p>Réflexion sur un « plan pleine terre » (Non acté)</p>

			nouveaux projets ne sont pas encore lancés. Les projets lancés auparavant sont maintenus.	<p>→ Avoir des données sur le potentiel de plantation d'arbres sur les espaces verts</p> <p>Opération de végétalisation des rues, en entrée de zones piétonnes</p> <p>→ Opération participative entre les agents et les riverains</p> <p>Convention avec le SIVAN, travaux sur les plans de gestion durables des haies</p> <p>Etapas à venir : Proposition de palettes végétales à l'échelle locale (en partenariat avec le CEREMA)</p> <p>Autre approche : Laisser les essences locales s'adapter au changement climatique et maintenir leur préconisation dans les projets.</p>
Ville de Valence	Amélie Arthaud, chargée de mission dans la stratégie de plantation arborée	10 000 arbres en 5 ans	Le service espaces verts de Valence possède une unité Arbre. - Une personne travaille sur la plantation d'arbres - Une personne travaille sur l'expertise/l'élagage/abattage des arbres du patrimoine	<p>Etudes sur les ilots de chaleur urbains réalisées par un bureau d'études privé</p> <p>Travail sur l'intégration des arbres dans le PLU</p> <p>Missions de plantations concentrées essentiellement sur les espaces verts, pas encore sur la voirie.</p> <p>→ Enveloppe dédiée pour planter sur les zones d'activités</p> <p>Plan arbres</p> <p>→ Replantation d'arbres à la suite de l'épisode neigeux de 2020 ayant entraîné un nombre important d'abattages</p>
Eurométropole de Strasbourg	François Heitz, responsable du département Arbres	10 000 en 6 ans		<p>Etudes de végétalisation de la voirie</p> <p>→ Facteurs évoqués : Distance par rapport aux façades bâties, espace aérien libre sur la voirie</p>
Bordeaux Métropole	Sophie Thuillier	1 000 000 en 10 ans	La métropole s'organise en pôles territoriaux Chaque direction décisionnaire et responsable de projet dispose d'outils d'assistance à maîtrise d'ouvrage Un service « Arbres et Forêts » a la charge de la gestion du patrimoine arboré en accompagnement de voirie à l'échelle de la métropole	<p>Agence d'urbanisme de Bordeaux « AURBA » mandatée (en cours)</p> <p>→ Relevé de télédétection couplée à la connaissance du domaine public/parcelles cadastrales/PLU/ilots de chaleur urbain</p> <p>→ Objectif : fournir une cartographie des potentiels de plantation</p> <p>Le service s'intéresse particulièrement aux friches industrielles et aux zones avec peu d'usage pour envisager la plantation d'arbres</p>

3. DISCUSSION

Globalement les collectivités et inter-collectivités ont démarré des études, en cours, abordant la végétalisation de la ville sous plusieurs formes. Ces études se basent sur 3 thèmes. La première concerne la réflexion sur le renouvellement du patrimoine arboré existant. Cette thématique vise à conserver un bilan annuel neutre en nombre d'arbres plantés et abattus. C'est notamment le cas de la Ville de Valence ainsi que de Nantes Métropole...

La seconde thématique porte sur l'évaluation du potentiel de plantation d'arbres sur les espaces verts existants. L'objectif de cette thématique vise à apporter un bilan annuel positif en nombre d'arbres dans la ville. Le mode de plantation peut être soit la réalisation de plantations denses pour former des boisements soit des plantations individuelles. Cette thématique est abordée à Nantes Métropole et Strasbourg...

Enfin la dernière thématique porte sur l'évaluation du potentiel de plantation d'arbres sur la voirie. L'objectif est d'apporter des arbres sur un milieu très sensible au phénomène d'îlot de chaleur urbain pour apporter de la fraîcheur à une échelle locale. Elle est abordée par Grenoble Alpes Métropole ainsi que par Paris via l'étude de l'APUR.

L'étude prospective montre que le sujet est encore peu abordé mais que les décisions politiques de planter des arbres dans plusieurs villes ont été à l'origine du lancement d'études de plantations d'arbres à l'échelle de la ville et/ou de la métropole. De plus beaucoup de collectivités évoluent et les services espaces verts tendent à se métropoliser comme c'est le cas à Nantes, les études lancées prendront donc plus de temps si elles concernent toute la métropole et pas juste la ville.

2- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE DES TYPOLOGIES DE PLANTATION SUR VOIRIE POSSIBLES

1- CAHIER DES PRESCRIPTIONS GENERALES DES ESPACES PUBLICS (CPGEP) DE LA VILLE DE RENNES LIVRET B (ARBRE, VOIRIE)

Le premier document étudié est celui rédigé par la collectivité pour guider les aménageurs privés et publics qui interviennent à Rennes.

Le cahier des prescriptions générales des espaces publics ou CPGEP est constitué de plusieurs livrets. Chaque livret concerne un domaine spécifique. Ainsi on retrouve un livret pour l'assainissement, pour la voirie, les réseaux de chaleur urbains ainsi que les espaces verts et les arbres. Le livret dédié aux arbres est le livret B. Il définit succinctement ce qu'est un arbre en ville, les conditions dans lesquelles il vit, les prescriptions techniques pour la protection de l'arbre existant lors de chantiers et les prescriptions pour les bonnes conditions de l'arbre à la plantation.

Ce livret permet notamment d'obtenir quelques prescriptions essentielles à prendre en compte avant de planter un arbre :

1. LA NATURE ET LE VOLUME DE SOL POUR LA PLANTATION.

La plantation des arbres se fait principalement en creusant des fosses et en y déposant un mélange terre pierre qui permet de stabiliser le sol tout en donnant la possibilité de planter.

Tableau 4 : Détermination du volume de substrat minimum selon le milieu, la nature du substrat et la grandeur de l'arbre. (Livret Arbre, CPGEP, 2008)

Choix du type de tranchée ou fosse en fonction du milieu environnant				
Ordre de préférence pour le choix de type de tranchée ou fosse	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Milieu environnant	Site 100 % minéral (empierrement, remblai)		Site artificiel fermé (paroi, sur dalle, fosse béton)	
Classification des arbres	Volume par arbre en mélange terre-pierre	Volume par arbre en terre végétale	Volume par arbre en mélange terre-pierre	Volume par arbre en terre végétale
Arbres à grand développement de 1 ^{ère} grandeur et à moyen développement de 2 ^e grandeur	12 m ³	8 m ³	24 m ³	16 m ³
Arbres à petit développement de 3 ^e grandeur	8 m ³	8 m ³	16 m ³	10 m ³
Arbrisseaux pour entrées de zones 30 ou espaces piétonniers		4 m ³		

La nature du sol (artificiel fermé ou minéral mais poreux) doit être prise en compte. Le système racinaire d'un arbre étant en constante croissance il faut qu'il puisse se développer en dehors de la simple fosse. Ceci explique pourquoi le volume de

fosse minimum est plus important en milieu bétonné et complètement isolé qu'en milieu minéral avec un empierrement que les racines peuvent coloniser.

2. LA DISTANCE DE PLANTATION ENTRE LES ARBRES, LES FAÇADES, RESEAUX SOUTERRAINS, MOBILIERS URBAINS, ETC.

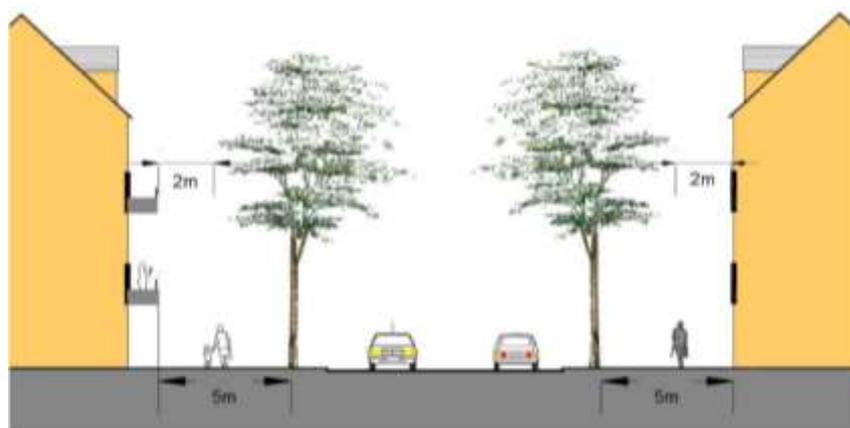


Figure 13 : Coupe montrant les distances à respecter entre les arbres et les façades. (Livret Arbre, CPGEP, 2008)

Cette figure montre les distances à respecter entre les arbres et les façades des habitations. Il faut également respecter d'autres préconisations.

La distance minimale préconisée entre les arbres plantés est de 10 mètres pour les arbres de 1^{ère} grandeur, 8 mètres pour ceux de 2nde grandeur et 7 mètres pour ceux de 3^{ème} grandeur.

Enfin la distance préconisée entre les arbres, les réseaux souterrains et le mobilier urbain est 1,50 mètres des réseaux souterrains et du mobilier urbain.

Le principe appliqué est : « **Planter moins, mais planter mieux** ».

3. PRECONISATIONS DE PLANTATION, DE PROTECTION DES ARBRES SUR LES CHANTIERS, DE TUTEURAGE...

Le livret fixe des préconisations à respecter pour les aménageurs publics et privés pour sécuriser un minimum les arbres existants une fois plantés et ceux qui subissent des travaux à proximité.

Ce document ne donne pas de typologie de plantation spécifique à la voirie, cependant il donne toutes les conditions à respecter pour planter un arbre dans un minimum d'espace disponible.

2- DISPOSITIFS D'AMENAGEMENT, GUIDE BATIMENT DURABLE, BRUSSELS ENVIRONNEMENT

Ce site de l'administration de l'environnement et de l'énergie de la région Bruxelles-Capitale présente plusieurs exemples techniques pour intégrer la gestion des eaux de pluie avec la création de fosses/tranchées de plantation. Chaque dispositif possède une bibliographie leur offrant de la crédibilité. Quatre dispositifs sont particulièrement intéressants au regard du sujet d'études.

1. LES JARDINS DE PLUIE

Il en existe plusieurs types selon la nature du sol et la volonté d'infiltrer d'eau dans le sol ou non : Le jardin de pluie infiltrant, semi-infiltrant ou le drainant. Ce dispositif a la même fonction qu'un jardin.

D'après Bruxelles Environnement, 2019 « Une gestion qualitative de l'eau de ruissellement s'y intègre grâce à la **bio-rétention**. Il permet également une gestion quantitative puisqu'il permet le stockage, l'évapotranspiration et l'infiltration des eaux de ruissellement. »

L'avantage du dispositif est qu'il s'adapte à diverses échelles et notamment dans le cas d'aménagements de végétalisation en accompagnement de voirie sur les ronds-points, les terre-pleins centraux ou encore sur des îlots en bordure de chaussée. L'entretien est similaire à celui des espaces verts plantés.



Figure 14 : Exemple de jardin de pluie (Rivard G. et al. 2011.).

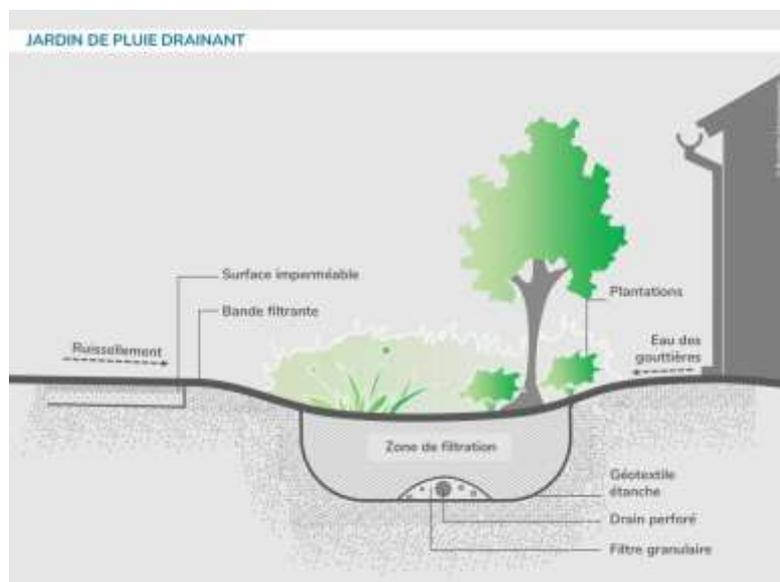


Figure 15 : Schéma de représentation d'un jardin de pluie drainant (Bruxelles Environnement, 2019).

Il faut connaître la nature du sol afin de déterminer le type de jardin de pluie. Dans le cas de la ville, la nature du sol varie selon les endroits. Dans le cas des zones d'activités les eaux de ruissellement ne doivent pas s'infiltrer dans le sol pour prévenir la pollution des nappes phréatiques. Le jardin de pluie drainant est donc le plus pertinent à l'échelle de la ville bien qu'il apporte la nécessité de connecter les drains au réseau d'évacuation des eaux de pluie.

2. LES NOUES VEGETALISEES



Figure 16 : Exemple de noue en bordure de chaussée à Cergy Pontoise (source : Les Cahiers Techniques du bâtiment, 2016).

D'après Brussels Environnement, la noue est une dépression du sol qui permet le stockage, l'évapotranspiration et l'infiltration des eaux de pluie. Il y a plusieurs types de noues, infiltrantes, de tamponnage ou mixtes. Elle peut servir de corridor écologique et favoriser la biodiversité si les espèces plantées sont indigènes. Ce dispositif peut être employé dans certaines conditions lorsque la surface disponible est suffisante.

3. LES BANDES FILTRANTES

« Une bande de végétation filtrante est une zone avec une pente douce et des plantations qui sert à filtrer, ralentir et infiltrer en partie un écoulement qui se fait en nappe. » (Rivard G et al. 2011.) Il s'agit d'un dispositif de transition des eaux de ruissellement d'une surface imperméable directement vers la nappe ou vers un autre dispositif de gestion de l'eau en aval tel que le jardin de pluie ou la noue végétalisée. Les bandes filtrantes permettent un prétraitement des eaux et de les ralentir avant d'arriver au dispositif en aval. Il s'agit de bandes enherbées.



Figure 17 : Schéma d'intégration d'une bande filtrante (source : Bruxelles Environnement, 2019).

Ce dispositif doit être complémentaire à un autre afin d'être efficace. Cela peut être employé dans le cas où la surface disponible pour la végétalisation est importante et que l'aménageur souhaite maximiser les services rendus par les noues ou les jardins de pluie.

Selon le guide de gestion des eaux pluviales rédigé par Rivard G, le dispositif présente quelques limites, il n'est pas applicable lorsque la pente est trop forte. Il est également difficilement applicable dans les secteurs densément urbanisés.

4. LES REVÊTEMENTS PERMEABLES

Ce dispositif consiste à permettre l'infiltration des eaux pluviales vers le sol et à ralentir le ruissellement des eaux de pluie. Il s'agit d'apporter un sol avec des matériaux formant une couche poreuse qui pourront capter les eaux de pluie. (gravier, pavement à larges joints, dalles alvéolées...). Il permet de faire la jonction entre plusieurs jardins de pluie, en infiltrant une partie des eaux de pluie et en assurant une continuité du sol permettant l'exploration racinaire des arbres. Il est possible d'utiliser des revêtements de ce type, pour les places de parking et ainsi rendre le projet moins contraignant.



Figure 18 : Exemple de revêtement perméables sur l'île de Nantes dans un quartier près du futur CHU (M. Cornut, 2021).

Le site Guidebatimentdurable ne propose pas de typologie d'arbres à proprement parler, cependant il offre des informations techniques sur l'intégration des eaux de ruissellement selon chaque dispositif. Ce document est complémentaire au Livret Arbre pour apporter des solutions techniques non évoquées qui intègrent les eaux de ruissellement. Il est possible d'envisager la plantation d'arbres dans les noues comme dans les jardins de pluie. Les revêtements perméables permettent de limiter la perte de places de parking, or celles-ci sont des concurrentes directes pour l'exploitation de l'espace.

3- ARBRES EN MILIEU URBAIN, GUIDE DE MISE EN ŒUVRE, TREES & DESIGN ACTION GROUP

Ce document (A. Jaluzot. et al. 2018) fut rédigé anglais puis traduit en français par la suite. Cette association rassemble des citoyens, praticiens et organismes publics et privés qui traitent de l'arbre en ville. Il a été traduit en français par Val'Hor. Il se structure en quatre grandes parties :

1 – Savoir collaborer. Dans cette partie l'arbre est abordé dans la phase projet d'un chantier. Il est préconisé de prendre en compte l'arbre dès le début du projet pour prévoir toute difficulté. C'est-à-dire, intégrer l'espace souterrain dans la démarche de projet, anticiper les contraintes liées à la gestion des arbres et prévoir les commandes d'arbres aux pépiniéristes au bon moment.

2 – Concevoir avec les arbres. Cette partie vise à mettre en valeur les atouts de l'arbre dans la conception du projet, tel que la gestion des eaux de ruissellement. Elle aborde également la question de la place de l'arbre par rapport à la voirie, les enjeux de luminosité et d'entretien des pieds d'arbres...

3 – Solutions techniques. Cette partie offre des solutions techniques comme son nom l'indique pour concrétiser les idées promues dans les précédentes parties. Elle définit scientifiquement les phénomènes liés à l'arbre et justifie la nécessité d'un sol décompacté et aéré, de protéger le système racinaire et le tronc... Enfin elle apporte des solutions techniques pour permettre la cohabitation des arbres avec les réseaux souterrains et l'intégration des arbres aux dispositifs de gestion alternative des eaux de pluie.

Le système de Stockholm présenté est très intéressant, c'est une solution pour la captation des eaux de pluie par l'arbre inventé par Björn Embren, responsable des arbres de la capitale suédoise.



Figure 19 : Schéma du système de Stockholm (Davies Landscape Architects, 2021).

« Il constitue une variante du mélange terre pierres, avec comme principales différences la présence d'un système d'aération et la connexion des fosses de plantation avec les eaux de pluies recueillies sur les trottoirs et parfois sur les toitures. » selon Anne Jaluzot.

La synthèse de la 32^{ème} Arborencontre organisée par le CAUE 77 en 2017 explique le principe du système de Stockholm. Le fond est composé de grosses pierres angulaires pour permettre les échanges gazeux, de la terre végétale y est ajoutée en faible quantité. La couche d'aération se compose de pierres sèches plus petites que celles au fond. Elle est recouverte d'un géotextile. Le revêtement de surface se pose sur le géotextile. A la surface, des puits d'aération se présentent pour assurer le renouvellement de l'air de la couche d'aération. Ce procédé nécessite une grande précision technique, mais il est possible d'en savoir davantage via le site de Stockholm Treepits, ou de les contacter directement par mail. Le site met également à disposition des ouvrages techniques pour chaque partie du système.

4 – Choisir le bon arbre. Cette partie propose plusieurs questions à se poser pour choisir la bonne essence selon les contraintes du site, les critères fonctionnels et esthétiques, et la capacité de réponse à la commande des fournisseurs.

En comparant ce document et le CPGEP, l'approche du sujet est moins précise dans le guide de mise en œuvre. Tandis que le CPGEP préconise un volume minimum précis selon la nature du sol environnant et le substrat déposé, le guide préconise de laisser à disposition l'espace à l'arbre pour qu'il développe son système racinaire sans mentionner la nature de substrat. En mentionnant le principe de fosse de Stockholm, il explique au contraire que la nature du substrat n'est pas indispensable puisque l'arbre peut tout à fait survivre avec l'eau de pluie et grâce aux minéraux qu'elle apporte dans les anfractuosités entre les pierres dans la fosse. Il mentionne cependant l'importance d'avoir un sol décompacté et aéré et d'avoir de la place pour le développement du système racinaire.

PARTIE III : PROPOSITION DE STRATEGIE DE CARACTERISATION DU POTENTIEL DE PLANTATION DU DOMAINE ROUTIER PUBLIC RENNAIS.

1 – ANALYSE MULTICRITERE DE LA FAISABILITE DE PLANTATION SUR VOIRIE

1- MATERIEL ET METHODES

Pour cette première partie, nous déterminons la faisabilité de plantation d'arbres sur la voirie publique. C'est-à-dire qu'il faut pouvoir évaluer la possibilité de planter des arbres à partir de l'analyse de plusieurs facteurs. Le nombre de facteurs déterminants est limité afin de conserver une évaluation simple et qui puisse être appliquée sur n'importe quelle voie publique de la ville. Tout d'abord nous nous basons sur une typologie de voirie de référence qui est, une voie double sens avec une voie par direction. Le premier facteur doit nous informer sur la géométrie de la rue afin de pouvoir déterminer l'espace disponible global. Connaître la largeur de la voirie est essentiel pour évaluer dans un premier temps si c'est possible de planter un arbre.

Le second facteur doit nous informer sur l'encombrement du sol, il permet d'évaluer l'emprise disponible dans la partie souterraine de la voirie. Connaître le nombre de réseaux souterrains et leur nature est donc primordial. Les arbres peuvent endommager ces réseaux et inversement lorsque les réseaux sont posés à proximité d'un arbre qui a déjà investi le sol avec son système racinaire.

Ces deux facteurs sont les principaux les plus importants, cependant il faut également prendre en compte le volume disponible dans la partie aérienne de la voirie. Il est possible qu'une voie soit encombrée par des réseaux électriques aériens, par des façades de bâtiments avec des casquettes ou par la présence de couloirs autobus et la contrainte de taille de gabarit qu'ils infligent aux arbres existants. Enfin il faut également mentionner l'emprise générale de la voirie. Connaître ce qui pourrait être contraignant et ce qui pourrait être supprimé au profit de tranchées de plantation.

2- RESULTATS

1. EVALUATION DE LA FAISABILITE DE PLANTATION DANS LES RUES

Pour évaluer la complexité des rues nous nous baserons sur un logigramme de méthodologie de réflexion pour la plantation d'arbres d'alignement. Il résume les étapes à valider pour envisager une plantation et la catégorie de grandeur de celle-ci. Cet organigramme propose une approche technique et simple à appliquer à une voie qu'il serait souhaitable de végétaliser. Elle est la synthèse d'une étude sur la méthodologie de réflexion de la plantation d'arbres sur les voies réalisée en 2020 au sein de la DJB. (Annexe I).

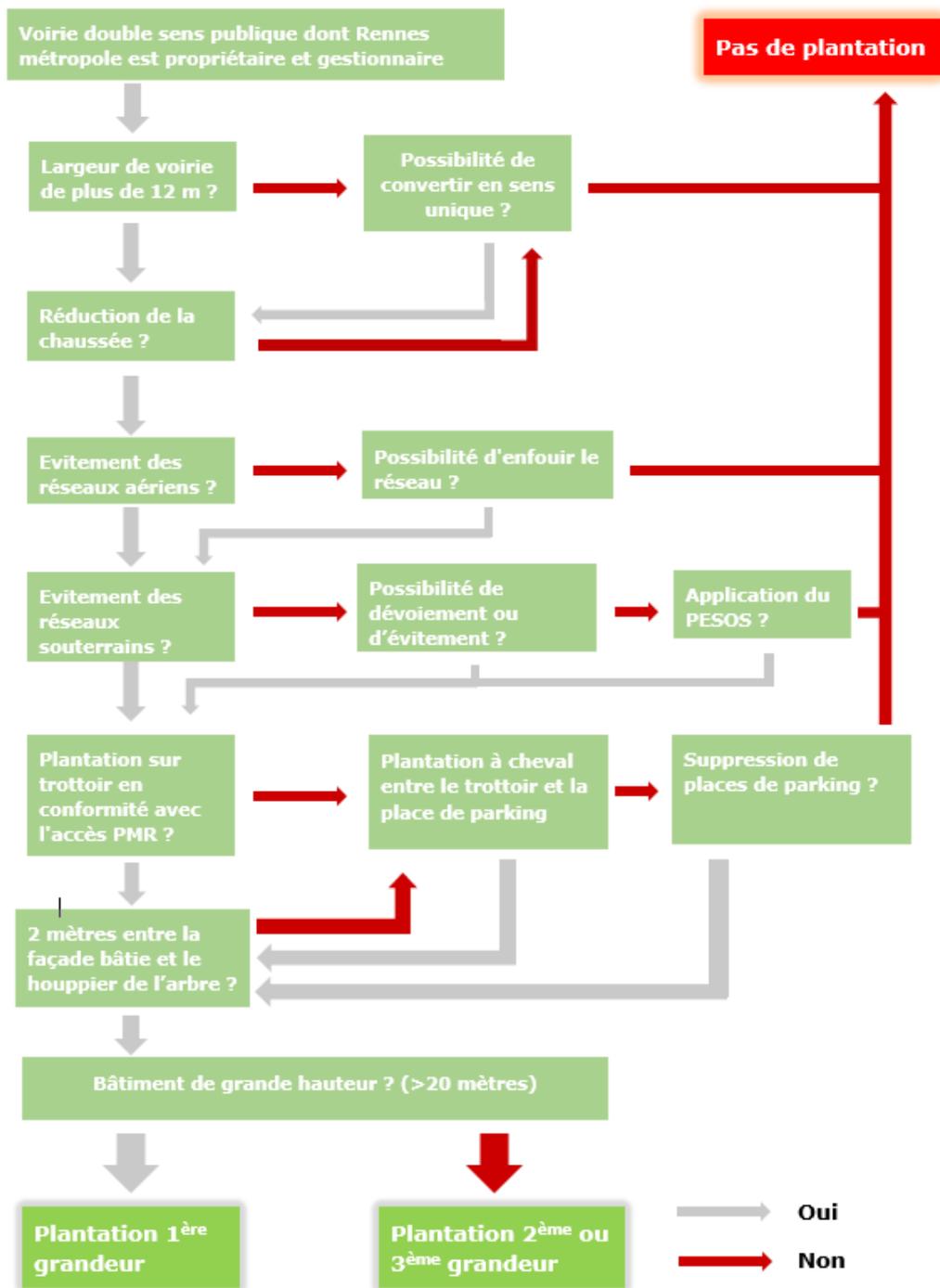


Figure 20 : Logigramme de méthodologie d'analyse de rue pour déterminer la possibilité de planter (M. Cornut, 2020).

Si nous appliquons les préconisations données dans l'étude bibliographique, toutes les conditions seront théoriquement réunies pour un bon développement de l'arbre sans nécessité d'entretien récurrent. L'approche proposée est d'évaluer la faisabilité de plantation dans un premier temps en se basant sur les questions posées par l'organigramme. Il est proposé d'établir un score global qui comprenne la largeur de la voirie, le nombre de réseaux souterrains longitudinaux, la présence d'un réseau aérien électrique, la possibilité de convertir la voirie en sens unique de circulation et la présence de couloirs autobus et cyclable. Nous avons décidé de ne pas prendre en compte d'autres facteurs afin de conserver une formule de calcul simple.

Il est possible de nuancer les facteurs proposés avec des sous-facteurs tels que : Présence de réseaux de chauffage urbain (réseaux non déplaçables) – Présence de réseaux d'Évacuation des eaux usées et d'évacuation des eaux de ruissellement ou d'évacuation unitaire. (Des arbres ont déjà pu être plantés sur ces réseaux car ils sont plus profonds que les autres réseaux, par conséquent ils constituent moins de contraintes spatiales que les autres réseaux souterrains).

Le premier facteur est la largeur de la voirie. Plus on dispose d'une largeur importante, et plus on a la capacité de trouver de l'espace souterrain comme aérien disponible.

Tableau 5 : Score Largeur de la voirie

Lv : Largeur de la voirie (en m)	Score
>= 20	1
19 à 16	0,75
15 à 12	0,5
<12	0

La **largeur de voirie (Lv)** est le facteur au plus gros coefficient. C'est le principal facteur déterminant la possibilité de planter. En effet une rue trop étroite ne pourra pas être éligible à la plantation d'arbres même sans considérer les autres facteurs.

Le second facteur, tout aussi important se focalise sur l'espace souterrain disponible.

Tableau 6 : Score « Nombre de réseaux souterrains longitudinaux »

Nr : Nombre de réseaux souterrains	Score
0	1
1-3	0,75
4-6	0,5
>6	0,25

Le **nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nr)** est le facteur au second plus gros coefficient. Une voirie large à moyennement large ne pourra pas accueillir d'arbres si elle est saturée en réseaux souterrains, les distances de sécurité entre réseaux posant trop de contraintes. Nous considérons uniquement les réseaux qui sont parallèles à la voirie dans un souci de simplifier la démarche.

Le troisième facteur répond à la question de l'encombrement de l'espace aérien. Dans le cadre de cette étude, le postulat est donné que tout réseau aérien électrique sera converti en réseau souterrain.

Tableau 7 : Score « Présence de réseaux aériens longitudinaux »

Ra : Présence de réseaux aériens	Score
Non	1
Oui	0,5

La **présence de réseau aérien (Ra)** va influencer le nombre de réseaux souterrains. Car nous partons du principe que si un réseau aérien est présent, il sera alors enterré et deviendra un réseau souterrain. Si un réseau aérien est présent, nous considérerons que le nombre de réseaux souterrains augmente d'une unité.

Dans certains cas les rues étudiées sont déjà ou peuvent devenir des rues à sens unique. Cette configuration du régime de circulation permet de réduire la largeur de la chaussée initiale. Par conséquent elle permet d'obtenir de l'espace pour planter des arbres.

Tableau 8 : Score « Conversion de la voirie de double sens à sens unique »

Csu : Possibilité de conversion de voirie en sens unique	Score
Oui	1
Non	0

La possibilité de convertir une voirie double sens à **voirie à sens unique (Csu)** entraînerait un gain de place conséquent. Cependant ça n'est envisageable que sur des voiries à faible fréquentation et dans une configuration de voies qui le permet. Cela ne concerne pas les voiries de plus de 12 mètres de largeur.

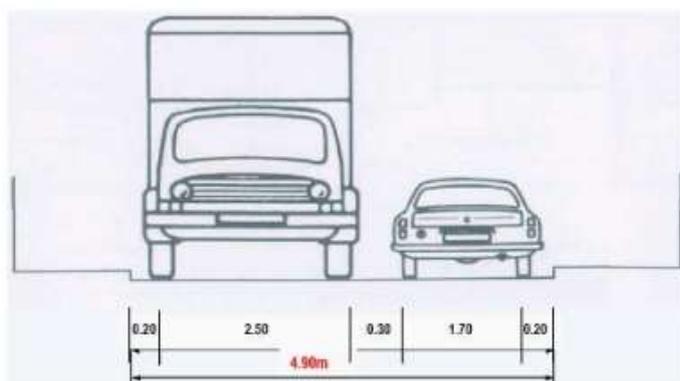


Figure 22 : Profil type de voirie en double sens (CPGEP, 2008).

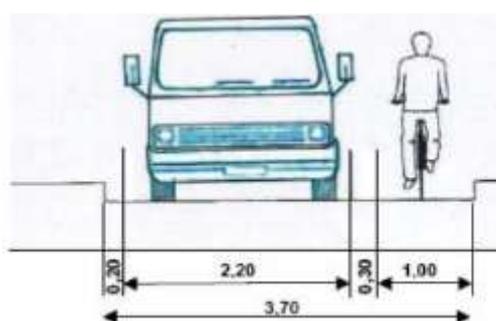


Figure 21 : Profil type de voirie en sens unique (CPGEP, 2008).

La géométrie de la chaussée passerait de 4,90m à 3,70m, soit 1,20m de largeur de chaussée disponible pour réaliser des plantations d'arbres en réalisant des tranchées. Après réflexion, nous avons décidé de rajouter la question de la présence de couloirs autobus et cyclables, ces couloirs posent des contraintes pour la plantation des arbres car les bus sont bien plus hauts que les voitures et il faut qu'ils puissent circuler sans encombre. Les pistes cyclables distinctes de la chaussée représentent une emprise supplémentaire très importante qui doit également être prise en compte car elles entrent en concurrence avec la plantation d'arbres sur les nouveaux projets d'aménagement.

Tableau 10 : Score « Présence de couloir autobus »

Pca : Présence de couloir autobus	Score
Oui	1
Non	0

Tableau 9 : Score « Présence de piste cyclable distincte »

Pca : Présence de piste cyclable distincte	Score
Oui	1
Non	0

La formule de calcul du score global de faisabilité est :

$$SF = 6*SLv + 4*SNr*SRa + SCsu - SCbus - 0,5*SCyc$$

Le choix des coefficients est arbitraire et ne s'appuie pas sur une étude scientifique. Ils visent à mettre en valeur les facteurs les plus importants. Ils ont été choisis après plusieurs tests de calcul de scores effectués sur des configuration de voies témoins.

Il y a un total de 64 témoins numérotés de 1 à 64. Chaque voie témoin possède une caractéristique qui varie. Il y a 4 témoins pour chaque catégorie de largeur de voirie : 10, 12, 16, 20 mètres.

Les autres facteurs qui sont variés sont : le nombre de réseaux souterrains, la présence de réseaux aériens, la présence de couloir autobus/cyclable.

Le facteur Conversion de la voirie en sens unique est toujours négatif. En effet nous estimons que cette possibilité reste ponctuelle et n'est pas systématique du fait du nombre de conditions requises.

Tableau 11 : Extrait du tableau de calcul du score de faisabilité sur des données témoins.

Témoins	Type de voirie	Rap. plantés	Largeur de voirie (L _v) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eau / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (CAU)	Score Cau	Régime de circulation (Rn/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
13	Unidrive	N	20	1	0	1	N	1	N	N	N	0	33	N	0	N	0	0	10
14	Unidrive	N	20	1	2	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	0	9
16	Unidrive	N	18	0,75	2	0,75	N	1	N	O	N	0	38	N	0	N	0	0	13
11	Unidrive	N	18	0,75	4	0,5	N	1	N	O	N	0	38	N	0	N	0	0	4,9
5	Unidrive	N	12	0,5	2	1	N	1	N	N	N	0	32	N	0	N	0	0	7
6	Unidrive	N	12	0,5	2	0,75	N	1	N	O	N	0	32	N	0	N	0	0	6
1	Unidrive	N	10	0	5	1	N	1	N	N	N	0	32	N	0	N	0	0	4
2	Unidrive	N	10	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	32	N	0	N	0	0	1

Tableau 12 : Score de faisabilité (SF)

Score de faisabilité F	Résultat
10	Très favorable
9	Très favorable
8	Favorable
7	Favorable
6	Assez favorable
5	Moyennement favorable
4	Peu favorable
3	Très peu favorable
2	Non favorable
1	Pas du tout favorable
0	Pas du tout favorable

Ce tableau permet de donner une interprétation selon la note obtenue. Ainsi un score au-dessus de 6 indique une forte possibilité de planter des arbres. Un score entre 4 et 6 révèle une faisabilité de plantation mitigée, il sera possible de planter mais le processus sera plus complexe, il faudra potentiellement déplacer des réseaux souterrains, enterrer des réseaux aériens...

Enfin les notes en dessous de 4 considèrent une voirie comme non favorable à la plantation d'arbre. Une faible note peut signifier que la voirie est trop étroite, qu'il y a trop de réseaux qui encombrant le sous-sol, que la nature du trafic routier limite la plantation d'arbres (présence de couloir bus, présence de piste cyclable séparée de la chaussée).

1- DISCUSSION

L'élaboration de la formule avait pour objectif d'être applicable dans toutes les situations possibles tout en restant simple. Avec le facteur « Nombre de réseaux souterrains », chaque type de réseau a la même valeur. Cependant certains réseaux peuvent être regroupés dans des canaux mutuels (réseaux électriques, télécom, éclairage public) et ont une emprise plus faible au sol. A l'inverse les réseaux de chauffage urbain et de gaz sont logés à la même enseigne que les autres réseaux alors qu'ils nécessitent des distances de sécurité entre réseaux bien plus grandes. Le facteur ne prend pas non plus en compte la disposition des réseaux souterrains dans l'espace. Dans certains cas, la présence d'un grand nombre de réseaux entraînerait une très faible note de faisabilité. Alors que dans la réalité il serait possible de planter si ces réseaux sont localisés sur un seul côté de la voie.

Les coefficients sont critiquables. En effet la présence de couloir autobus ou de piste cyclable distincte de la chaussée apporte de fortes contraintes sur l'espace aérien et sur la surface de la voirie mais elles ont des coefficients faibles. A l'échelle du quartier, la majorité de la voirie

entre 10 et 16 mètres n'est pas concernée. Ce facteur concerne principalement les voies d'une largeur supérieure à 16 mètres.

Quelques voies font largement augmenter la valeur maximale du barème alors qu'elles ne sont pas du tout représentatives de la majorité des voies et ont des caractéristiques tout à fait exceptionnelles. Si nous décidions de retirer ces voies du barème, cela entraînerait une mise en valeur de toutes les voies avec une note moyenne. L'interprétation liée à la note serait également différente de ce qui est actuellement.

Enfin, le référentiel de base supposé pour chaque voie est qu'il s'agit d'une voie double sens avec 1 voie par direction. Dans le cas des voiries avec plusieurs voies, la note peut s'écarter de la réalité de faisabilité de plantation. En effet, la chaussée occupant bien plus d'espace que supposé, la possibilité de planter des arbres est grandement diminuée.

La réalisation de fosses ou tranchées de plantation entrainera dans la majorité des cas la suppression de places de parking.

Cela sous-entend que pour apporter des arbres en accompagnement de voirie il faudra diminuer la place accordée aux voitures. Par conséquent il faudra que les élus s'engagent dans ce sens.

2 – ANALYSE MULTICRITERE DE L'EFFICACITE DE PLANTATION SUR VOIRIE

1- MATERIEL ET METHODES

L'efficacité de la plantation est déterminée par sa capacité à apporter un maximum de surface de canopée sur l'espace public par rapport au coût engendré. La canopée apportée se détermine selon la méthodologie de plantation, la place disponible avec ou sans dévoiement des réseaux souterrains. Il faut également connaître la canopée moyenne d'un arbre de première, de seconde ou de troisième grandeur.

Cet enjeu d'efficacité de plantation prend également en compte l'enjeu économique. L'objectif est de pouvoir établir un ratio entre la canopée apportée par un aménagement proposé et le coût des travaux. Cela permet au décideur de déterminer où est-ce qu'il est plus intéressant de planter.

Afin de simplifier le calcul et pouvoir étudier chaque voie, nous avons choisi d'appliquer des tarifs forfaitaires par mètre.

- Prix par mètre d'une fosse de plantation avec un arbre.
- Prix par mètre de tranchée de plantation avec des arbres.
- Prix au mètre de réseau souterrain dévoyé ou enfoui.

Selon la complexité de plantation sur l'espace donné le coût ne sera pas le même. Par exemple, la note de faisabilité donne un premier indice. Les voies avec des notes faibles qui ont pourtant une largeur de 12 mètres ou plus peuvent être plantées si les réseaux souterrains sont dévoyés afin de libérer de la place. Les coûts des travaux seront par conséquent bien

plus importants que pour les voies qui ne nécessitent pas de dévoiement.

Enfin, le dernier facteur à prendre en compte est paysager et esthétique. Pour quantifier ce facteur subjectif, nous proposons de nous baser sur un delta de végétal perçu. Dans un paysage très minéral avec une faible présence de végétal, la plantation d'arbres aura un impact très important et contrastera avec le reste. Au contraire planter un arbre à proximité d'un boisement, d'un parc aura un impact paysager beaucoup moins important car il contrastera peu dans le paysage.

2- RESULTATS

1. EVALUATION DU SCORE D'EFFICACITE DE PLANTATION

Pour calculer l'efficacité d'une plantation, nous nous sommes d'abord basés sur une méthodologie de plantation. Celle-ci applique la réflexion méthodologique pour la plantation sur voirie (voir annexe V).

METHODOLOGIE DE PLANTATION



Figure 23 : Exemple de plan de voirie double sens avec plantations en tranchée. (M. Cornut, 2020)

Cas 1 : Réalisation d'une tranchée sur toute la longueur de la chaussée au niveau des places de parking, suppression d'une ou deux places de parking ou seront plantés les arbres. Recouvrement par une couche de surface perméable des places de parking conservées.

La réalisation de tranchées de plantation sera possible dans le cas des voiries qui font 12 mètres ou plus de largeur en moyenne. Les arbres seront plantés plus éloignés que sur le schéma.

Cas 2 : Réalisation de fosses de plantations d'un seul côté de la chaussée ou en quinconce selon la disposition des réseaux souterrains et des places de parking.

La réalisation de fosses de plantation sera possible dans le cas des voiries qui font 11 mètres ou moins de largeur en moyenne.

Ces typologies de plantation proposées sont issues de l'étude de réflexion méthodologique de la plantation d'arbres sur la voirie. (Annexe VI).

La plantation d'arbres est distancée de 10 mètres si de 1^{ère} grandeur, de 8 mètres si 2nde grandeur ou 7 mètres si 3^{ème} grandeur, comme le préconise le CPGEP. Le choix de la grandeur de l'arbre dépend de la hauteur des bâtiments et également de la largeur de la voirie. Plus la voirie est étroite et plus l'essence choisie doit être de petite grandeur pour ne pas prendre un espace trop important par rapport au reste.

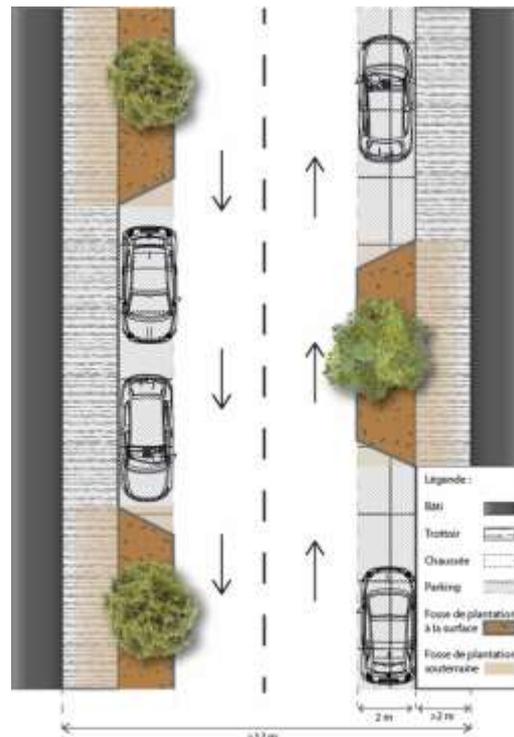


Figure 24 : Exemple de plan de voirie double sens avec extension de la fosse de plantation sous le trottoir. (M. Cornut, 2020).

- Largeur de voirie < 11 m : Arbre de 3^{ème} grandeur
- Largeur de voirie entre 11 et 14 m : Arbre de 2^{ème} grandeur
- Largeur de voirie > 14 m : Arbre de 1^{ère} grandeur

De plus, selon la largeur de la voirie la part de linéaire aménageable n'est pas la même. Nous prendrons les coefficients de pondération de l'étude de l'APUR, présentée précédemment, comme références.

- **50 % de linéaire aménageable pour une voirie >19 m de large.**
- **40 % de linéaire aménageable pour une voirie entre 11 et 19 m de large.**

Dans le cas des voies de moins de 11 m de large il était fait référence le coefficient de pondération de 30 % de la surface totale de la voie. Pour pouvoir intégrer un coefficient dans la formule il faut qu'il s'agisse d'un coefficient de pondération par rapport au linéaire aménageable et pas par rapport à la surface totale de la voirie. Nous proposons donc **10 % de linéaire aménageable pour une voirie <11 m de large.**

Cela explique la préconisation de plantations en fosse pour les voies de moins de 11 mètres de large, si seuls 10 % de linéaire sont aménageables, les plantations seront ponctuelles. Inversement pour des voies de plus de 11 m de large, les plantations pourront être linéaires, le choix de typologie de plantation penche donc en faveur de la tranchée.

LES FACTEURS DU CALCUL DU SCORE GLOBAL D'EFFICACITE DE PLANTATION

Les surfaces théoriques de canopée sont basées sur une étude statistique réalisée au sein du service par JP Lorho. Cette étude (Annexe II), consistait à estimer une moyenne des hauteurs et houppiers des arbres plantés en accompagnement de voirie selon leur âge. Les 10 espèces les plus présentes à Rennes (cela représente un échantillon pour chaque essence de plus de 1000 arbres) ont été analysés. Les moyennes de houppier des arbres choisis sont celles lorsque les arbres ont atteint l'âge adulte soit environ 50 ans. Pour les arbres de 1^{ère} grandeur, l'essence *Tilia cordata* a été choisie, pour la 2^{nde} grandeur, c'est l'essence *Corylus sp.* Enfin pour la 3^{ème} grandeur, c'est l'essence *Prunus sp.* Puisque l'étude donne les diamètres de houppier il faut calculer les surfaces théoriques avec la formule :

Canopée = $\pi * (\text{Diamètre de houppier}/2)^2$

Tableau 13 : Canopée théorique individuelle selon la catégorie de grandeur de l'arbre.

Catégorie de grandeur d'arbre	Surface théorique de canopée d'un arbre à 50 ans apportée (m ²)
1 ^{ère}	176,7
2 ^{ème}	50,3
3 ^{ème}	28,3

Remarque : Les données concernent des arbres à port érigé, les surfaces théoriques de canopée ne sont évoquées pour les arbres à port colonnaire.

Coûts forfaitaires hors taxes :

Terrassement

- > 30€/m³ jusqu'à 10 m³ HT
- > 25€/m³ si plus de 10 m³ HT

Fourniture et transport du mélange terre pierre (35% Terre, 65% Pierre 20/40)

- > 53€/m³ HT

Fourniture, transport et pose de bordures granit 15x15 cm

- > 54,5€/mL (mètre linéaire) HT

Prix moyen d'un arbre acheté en pépinière de circonférence 16/18 cm -> 100€/unité HT

Les coûts forfaitaires des travaux ont été calculés à partir de l'accord cadre de travaux, signé par la direction de la voirie. Celui-ci fait office de référence pour déterminer le coût forfaitaire des travaux pour la réalisation d'une tranchée ou d'une fosse de plantation. Ils comprennent : Le décaissement, la création de fosses/tranchées, le dépôt des déchets inertes, l'apport de mélange Terre-Pierre, le coût de location des machines, la main d'œuvre et la pose de bordures en granit.

Les dimensions de la fosse de plantation sont de 2 m de largeur par 6 m de longueur par 1 m de profondeur. En surface l'emprise de la terre au pied de l'arbre sera moins grande pour couvrir au maximum une place de parking de dimensions 2 m de largeur par 5 m de longueur par 1 m de profondeur.

Dans le cas des tranchées de plantation, les dimensions sont de 2 m de largeur par 100 m de longueur par 1 m de profondeur. Les bordures en granit sont posées uniquement au niveau du pied de l'arbre planté ce qui correspond à une surface de 12 m² soit 6 mètres linéaire de bordure à poser par arbre (pas de pose de bordure sur la largeur pour l'écoulement des eaux de pluie). Pour calculer le coût forfaitaire par mètre nous avons supposé une tranchée de plantation de 100 mètres de longueur pour un total de 10 arbres plantés, soit 60 mètres de bordure à poser.

Tableau 14 : Coût forfaitaire des travaux à effectuer

Type de travaux	Coût forfaitaire (€/m) hors taxes
Réalisation d'une tranchée longitudinale avec plantation tous les 10, 8 ou 7 mètres selon la grandeur	193
Réalisation de fosses de plantation avec plantation d'un arbre	228

Ainsi le coût au mètre linéaire est plus intéressant si on réalise une tranchée plutôt qu'une fosse de plantation, ceci s'explique par la diminution des coûts liés au plus grand volume aménagé. De plus nous savons que les coûts liés à la main d'œuvre et à la location du matériel seraient moins chers pour la réalisation d'une seule tranchée plutôt que pour plusieurs fosses représentant le même volume.

Dans le cadre de notre analyse multicritère le coût moyen de dévoiement des réseaux ne concerne que les réseaux électriques. Les autres réseaux sont supposés non déplaçables pour éviter que les coûts n'exploient. La moyenne du ratio moyen de dévoiement EDF (Aujourd'hui ENEDIS) et du ratio de dévoiement de l'éclairage public est de 260€ / ml.

Travaux de dévoiements réseaux		
Ratio moyen en € /ml		
	prix mini	prix maxi
Assainissement	500	1000
Dévoiement GAZ	400	600
Dévoiement EDF	250	300
Dévoiement Eau Potable	150	200
Dévoiement Eclairage public	90	220

Prix mini → sur EV

Prix maxi → sur voiries

Figure 25 : Coûts hors taxes de dévoiement des réseaux enterrés (DV éclairage public, DA, Eaux et bassins rennais, 2021).

Tableau 15 : Score du coût des travaux selon l'intervalle de prix.

Intervalle de prix (€) HT / m linéaire aménageable	SCt : Score du coût des travaux / m linéaire aménageable
>350	2
251 - 349	1,5
200 - 250	1
<200	0,5

ScT : Le score du coût total des travaux par rapport à la longueur en m de la part de m linéaire aménageable.

Pour déterminer la surface théorique de canopée il faut déterminer le nombre d'arbres potentiellement plantables et leur catégorie de grandeur. Pour respecter le livret Arbre du CPGE, la distance de plantation entre chaque arbre est fixée à 10 mètres pour la 1^{ère} grandeur, 8 pour la 2^{nde} grandeur et 7 pour la 3^{ème} grandeur.

Tableau 16 : Score de canopée théorique par mètre linéaire de voirie aménageable.

Rapport Surface théorique totale de canopée / m linéaire aménageable	ScT : Score de canopée totale
>= 20	5
15 - 19	4
10 - 14	3
5 - 9	2
<5	1

Sstc : Le score de surface théorique de canopée apportée. Les classes sont établies à partir des données obtenues à partir de l'étude avec les 100 échantillons. La note maximale est obtenue lorsque le projet permet la plantation d'arbres de première grandeur. Les rapports obtenus varient peu car la modélisation propose des voies avec uniquement des arbres de 1^{ère}, de 2^{nde} ou de 3^{ème} grandeur mais pas de solution mixte avec des arbres de 1^{ère} et de 2^{ème} grandeur mélangés par exemple.

Tableau 17 : Score de paysage basé sur le contraste paysager entraîné par la plantation d'arbres.

Proportion de perception des arbres en bordure de voirie (%)	Couleur correspondante	Contraste paysager si plantation d'arbres	Sp : Score de paysage
76 - 100	Vert – Vert Foncé	Nul	1
51 - 75	Jaune – Vert	Faible	2,5
26 - 50	Orange – Jaune	Modéré	5
0 - 25	Rouge - Orange	Fort	10

Sp : Le score est lié à l'intérêt paysager ajoutable, ce score sera plus important selon l'impact d'un arbre dans un quartier. Si une rue offre une faible perception des arbres alors la plantation d'un arbre aura un impact paysager et esthétique fort. Tandis que la plantation d'un arbre dans un quartier déjà très végétalisé aura un impact paysager beaucoup moins important. Ce facteur est déterminé par l'étude du ressenti végétal réalisée par Kermap et basée sur les recherches du MIT. Le score se base sur le contraste apporté par la plantation d'un arbre par rapport à l'environnement.

La formule du score d'efficacité global est :

$$SEp = (Scanopée / Scoût) + 0,1 * Spaysage$$

Ep : L'Efficacité de plantation d'arbre, elle permet de connaître l'intérêt apporté par la canopée théorique prévue par rapport au coût des travaux. Le contraste de l'arbre par rapport à son milieu proche permet de mettre en avant les rues carencées en végétalisation. Il a été proposé de donner un score de paysage avec un petit coefficient facilement modulable. Cela permet d'apporter plus ou moins d'importance à ce dernier facteur.

Afin de tester chaque configuration de voie possible, nous avons testé la formule sur un échantillon de 100 témoins. (Voir annexe VII) Voici un extrait :

Tableau 18 : Extrait du tableau de détermination du score d'efficacité de plantation.

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménageable	Typologie de plantation (T/N)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoisement / enfouissement de réseaux nécessaires ?	Longueur théorique de dévoisement / enfouissement (m)	Coût de dévoisement / enfouissement total théorique	Coût total estimé (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale / m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final
10	N	6	2000	200	F	228	45600	N	4	N	0	0	78900	381	0	0	0	0	0	Rouge	10	0,4	
8	N	6	1000	100	F	228	22800	N	4	N	0	0	39300	381	0	0	0	0	0	Rouge	10	0,4	
01	N	18	50	25	T	193	4825	N	2	N	0	0	8700	348	1,3	4	1	621	25,2	5	Rouge	10	3,4
60	N	16	2000	800	T	193	154400	N	2	N	0	0	278400	348	1,3	114	1	20194	25,2	5	Orange	5	3,5
83	N	22	150	75	T	193	14475	N	2	N	0	0	26100	348	1,3	11	1	1881	25,2	5	Jaune	2,5	3,7
41	N	14	50	20	T	193	3860	N	2	N	0	0	6960	348	1,3	3	1	505	25,2	5	Jaune	2,5	3,7
30	N	12	2000	800	T	193	154400	N	2	N	0	0	278400	348	0,5	100	2	5092	6,3	7	Vert	1	3,8
3B	N	12	1000	400	T	193	77200	N	4	N	0	0	77200	249	0,3	50	2	3515	4,3	7	Vert	1	5,8

Les 100 témoins variaient selon plusieurs facteurs, la largeur de voirie (entre 6 à 20m de large), la longueur de la voirie (de 50 à 3000 m de mètres linéaires), la présence de réseau électrique aérien, le nombre de réseaux enterrés (entre 0 et >6), et la perception végétale (vert, jaune, orange, rouge)

Tableau 19 : Tableau du score d'efficacité de plantation.

Score d'efficacité E	Résultat
0, 3	Pas de potentiel
1	Très faible potentiel
2	Faible potentiel
3	Potentiel moyen
4	Bon potentiel
5	Fort potentiel

1. DISCUSSION

Cette seconde analyse multicritère visait à obtenir le rapport de la canopée théorique ajoutée à l'âge adulte par rapport au coût des travaux ramené au nombre de mètres linéaires de voirie aménageable. Un projet qui offre un coût minimum pour une canopée maximale avec les conditions de plantation imposées se présente comme une opération très efficace. Au contraire, un coût très important pour une canopée théorique ajoutée très faible ramené au mètre linéaire se présente comme une opération très peu efficace.

Ainsi, un projet de plantation sera très efficace pour une rue large qui ne nécessite pas de dévoiement ou d'enfouissement de réseaux. A contrario, un projet de plantation pour une rue étroite et qui nécessite un dévoiement de réseau sera peu efficace au regard du prix à investir.

Les arbres de 1^{ère} grandeur sont préconisés uniquement sur les voies d'au moins 14 mètres de large. Planter des arbres de ce gabarit sur des voies de minimum 12 mètres apporterait un plus fort potentiel de canopée théorique ajoutée, et gonflerait la note d'efficacité de plantation. Cependant cela entrainerait le risque de devoir intervenir en taillant l'arbre régulièrement pour apporter de la luminosité aux habitants. Ces interventions augmenteraient les coûts de gestion du patrimoine arboré, ce qui dans un bilan global baisse la note d'efficacité de plantation.

Tout comme la première analyse multicritère pour la faisabilité de plantation quelques voies obtiennent la note maximale. Ces voies sont marginales mais offrent les conditions idéales par rapport aux facteurs pris en compte. Si nous décidions de retirer ces voies, cela permettrait de réévaluer le barème et donc améliorer les voies avec une note moyenne. L'interprétation selon le score obtenu serait également différente en raison de la plus faible disparité des notes.

PARTIE IV : ETUDE DE CAS ; QUARTIER 7 FRANCISCO FERRER / LANDRY / POTERIE

1 - MATERIELS ET METHODES

1. ANALYSE ET TRAITEMENT DE LA VOIRIE PUBLIQUE DU QUARTIER 7.

Toutes les avenues, boulevards, allées, rues, places, placettes, parking ont été étudiés. Les promenades, squares et parcs n'ont pas été abordés car ils présentaient moins d'intérêt en termes de végétalisation, en effet ces espaces sont déjà majoritairement plantés. Les différentes voiries sont différenciées en 2 catégories :

- La voirie linéaire (Avenue, boulevard, allée, rue)
- La voirie ponctuelle (Place, placette, parking)

La voirie linéaire est étudiée dans un premier temps puis la voirie ponctuelle dans un second temps. La voirie ponctuelle est marginale à l'échelle du quartier étudié.

Le catalogue de données de Rennes métropole n'a pas permis d'alimenter les données sur les facteurs nécessaires à la détermination du score de faisabilité. Les mots clés employés furent les suivants : « Voirie », « Tronçon », « Géométrie », « RVA », « Route » (Diminutif de Référentiel et Adresses », « Public ».

Les données de base recueillies pour trouver les informations sont : Index des rues du quartier Francisco Ferrer/Landry/Poterie sous forme de tableau attributaire (Source : Base de données Rennes Métropole), Inventaire des arbres d'accompagnement de voirie sous forme de tableau attributaire (source : Base de données Rennes Métropole) (Ces données ont permis de déterminer toutes les rues du Quartier 7 qui ont des arbres d'alignement sur la voie publique à quelques exceptions près), (Données topographiques de sous-sol, Vitesse de circulation sur Rennes métropole (source : Base de données Rennes Métropole), Google Street View (source : Google maps) (L'accès à Google Street View permet d'avoir un aperçu de la morphologie des rues et donc d'estimer la crédibilité du calcul du score de faisabilité), Cadastre de Rennes métropole (source : Extension « Cadastre » sur Qgis, données via : <https://cadastre.data.gouv.fr/>). (Le cadastre a permis d'identifier les voiries publiques et privées. Les voiries situées dans des parcelles cadastrales étant privées.)

Les données sur la largeur et la longueur de voirie ont été récoltées via QGIS avec l'outil de mesure sous projection EPSG : 2154 Lambert 93. Il s'agit du système de coordonnées de référence à l'échelle de la France. Certaines adresses de voirie indiquées dans l'index correspondaient à des voies privées non abordées dans ce mémoire. D'autres données ont également été récoltées telles que : La présence de réseaux de gaz / chauffage urbain, la présence de réseaux d'eaux usées, de ruissellement ou de réseaux unitaires, la vitesse de circulation, la domanialité de la voirie (si c'est public ou privé).

Les deux premières données énoncées nous permettent de renseigner la présence des réseaux les plus contraignants (gaz / chauffage urbain nécessitent 3 mètres de distance des autres réseaux, arbres compris). Ainsi que les réseaux potentiellement moins contraignants

(Eaux usées, de ruissellement, unitaires) dans le cas où ceux-ci sont suffisamment profonds pour permettre des plantations.

Les données sur la vitesse de circulation couplées à la hiérarchie des voies (si c'est une voie de desserte ou de transit) nous permettent d'avoir un aperçu sur le flux routier. En effet les voies à 50km/h de transit sont en principe bien plus fréquentées que les voies de desserte. De plus connaître la vitesse de circulation permet d'envisager une réduction de la chaussée notamment dans le cas des voies en zone de rencontre, zone 30, zones piétonnes...

Etant donné la taille de la ville et le nombre important de km de voirie, le choix a été de focaliser l'étude sur un seul grand quartier. Cette étude de cas vise à montrer les résultats qu'apporte la méthodologie à l'échelle d'un quartier. Elle a vocation à être reproduite pour les autres quartiers de la ville.

2. JUSTIFICATION DU CHOIX DU QUARTIER

Le quartier de Chateaugiron, Landry, Poterie numéroté 7 est constitué de plusieurs entités urbaines, des zones d'activités, des zones pavillonnaires ainsi que des zones plus denses... Elle est polyvalente, ce qui la rend représentative de la majorité des îlots morphologiques urbains qu'il est possible de retrouver dans toute la ville. De plus elle possède des voies de transit ainsi que des voies de desserte, ce sont les principales présentes en ville.

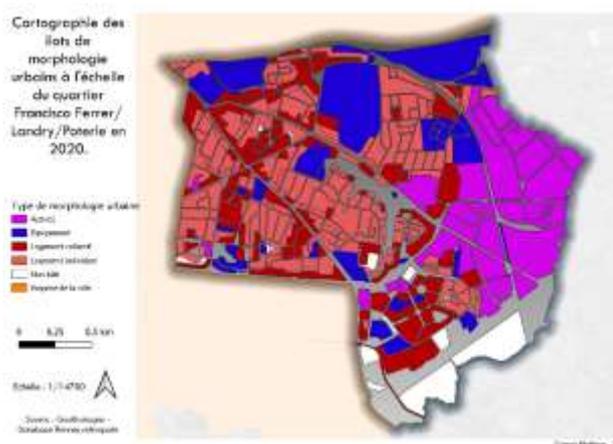


Figure 26 : Cartographie des îlots de morphologie urbains à l'échelle du quartier Francisco Ferrer / Landry / Poterie (M. Cornut, 2021)

2- RESULTATS

1. RESULTATS DE L'EVALUATION DE LA FAISABILITE DE PLANTATION ET DE L'EFFICACITE DE PLANTATION.

Les tableaux de calcul détaillé des scores de faisabilité et d'efficacité de plantation sont en annexe VIII et IX de ce document. La détermination de la longueur de chaque voie du quartier a permis d'évaluer à **48,35 km** la longueur totale de la voirie publique.

Tableau 20 : Part de voirie publique non plantée et plantée par rapport au linéaire total de voirie publique.

	Nombre de voies	Mètres linéaires de voirie totaux (m)	% Total de voies	% Du linéaire de voirie
TOTAL	148	48355	100	100
Voirie non plantée	67	14985	45,3	31
Voirie plantée	81	33370	54,7	69

En se focalisant sur le nombre de voies, il y a environ 45% de voies non plantées pour 55% de voies plantées. Ce qui veut dire que la majorité des voies sont déjà plantées. Ces voies plantées représentent 69% de la longueur de la voirie. Cependant pour connaître la part exacte de voirie plantée par rapport à la longueur totale de voirie du quartier il faudrait sommer la longueur de chaque fosse et chaque tranchée de plantation de chaque arbre d'accompagnement de voirie déjà planté.

FAISABILITE DE PLANTATION DANS LE QUARTIER 7

Tableau 21 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie non plantée du quartier 7.

Largeur de voirie (m)	% Nb voies non plantées tot	% Linéaire non planté tot	Score de faisabilité	Nombre de voies	% Nb voies non plantées	Mètres linéaires (ml)	% Linéaire non planté
> 18 m	1,5	8,2	> 7	0	0	0	0
			4 à 6	1	1,5	1230	8,2
			< 4	0	0	0	0
12 à 18 m	43,3	51,6	> 7	1	1,5	160	1,1
			4 à 6	27	40,3	7335	48,9
			< 4	1	1,5	235	1,6
< 12 m	55,2	40,2	> 7	0	0	0	0
			4 à 6	2	3	285	1,9
			< 4	35	52,2	5740	38,3
Total	100	100		67	100	14985	100

Parmi toutes les voies qui ne sont pas plantées, les plus nombreuses sont celles de moins de 12 m de large. Or, celles-ci ont majoritairement de mauvais scores. Cependant celles entre 12 et 18 m de large représentent une longueur linéaire totale plus importante, de plus elles ont des notes moyennes. Enfin il y a une seule voie de plus de 18 m de large non plantée avec une note moyenne, le Boulevard Villebois-Mareuil.

Ce tableau montre que les voies non plantées présentant le plus de potentiel pour la plantation d'arbres sont principalement les voies de plus de 12 mètres de large. Si nous considérons qu'il faut au moins une note en 4 et 6 pour qu'un projet de plantation soit faisable, 46,3% des voies, soit, 59 % du linéaire de voirie non plantée, toute largeur comprise, ont du potentiel.

Tableau 22 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie plantée du quartier 7.

Largeur de voirie (m)	% Nb voies plantées tot	% Linéaire planté tot	Score de faisabilité	Nombre de voies	% Nb voies plantées	Mètres linéaires (ml)	% Linéaire planté
> 18 m	19,8	35,8	> 6	15	18,5	11465	34,4
			4 à 6	1	1,2	480	1,4
			< 4	0	0	0	0
12 à 18 m	53	49,3	> 6	3	3,7	495	1,5
			4 à 6	40	49,4	15970	47,8
			< 4	0	0	0	0
< 12 m	27,2	14,9	> 6	0	0	0	0
			4 à 6	0	0	0	0
			< 4	22	27,2	4960	14,9
Total	100	100		81	100	33370	100

- 22,2% des voies soit 35,9% du linéaire de voirie plantée ont une très bonne note au-dessus de 6.
- 50,6% des voies soit 49,2% du linéaire de voirie plantée ont une note moyenne entre 4 et 6.

- 27,2 % des voies soit 14,9% du linéaire de voirie plantée ont une mauvaise note en dessous de 4.

72,8% du nombre de voies soit 85,1% du linéaire total des voies plantées présentent une note moyennement bonne à très bonne. Environ 27% des voies soit environ 15% du linéaire total des voies plantées ont une mauvaise note mais sont tout de même plantées. Il s'agit uniquement de voies de moins de 12 m de large. Ces informations nous permettent de montrer les limites du score de faisabilité et que malgré un score très faible il est tout de même possible de planter des arbres même dans des conditions très contraignantes. Il faut examiner à la loupe chaque voie et trouver des espaces non encombrés de réseaux souterrains. Appliquer une typologie de plantation écarte des rues qui pourraient être en réalité plantés.

Nous observons une corrélation entre la note finale de faisabilité de plantation et la largeur de la voie. Plus la voie est large et plus la part de bonnes notes est importante. La formule favorise les grandes voies qui ont physiquement plus d'espace pour accueillir des arbres que les petites voies.

EFFICACITE DE PLANTATION DANS LE QUARTIER 7

En appliquant la typologie de plantation sur les voies non plantées selon leur longueur aménageable, cela apporterait **536 arbres supplémentaires**.

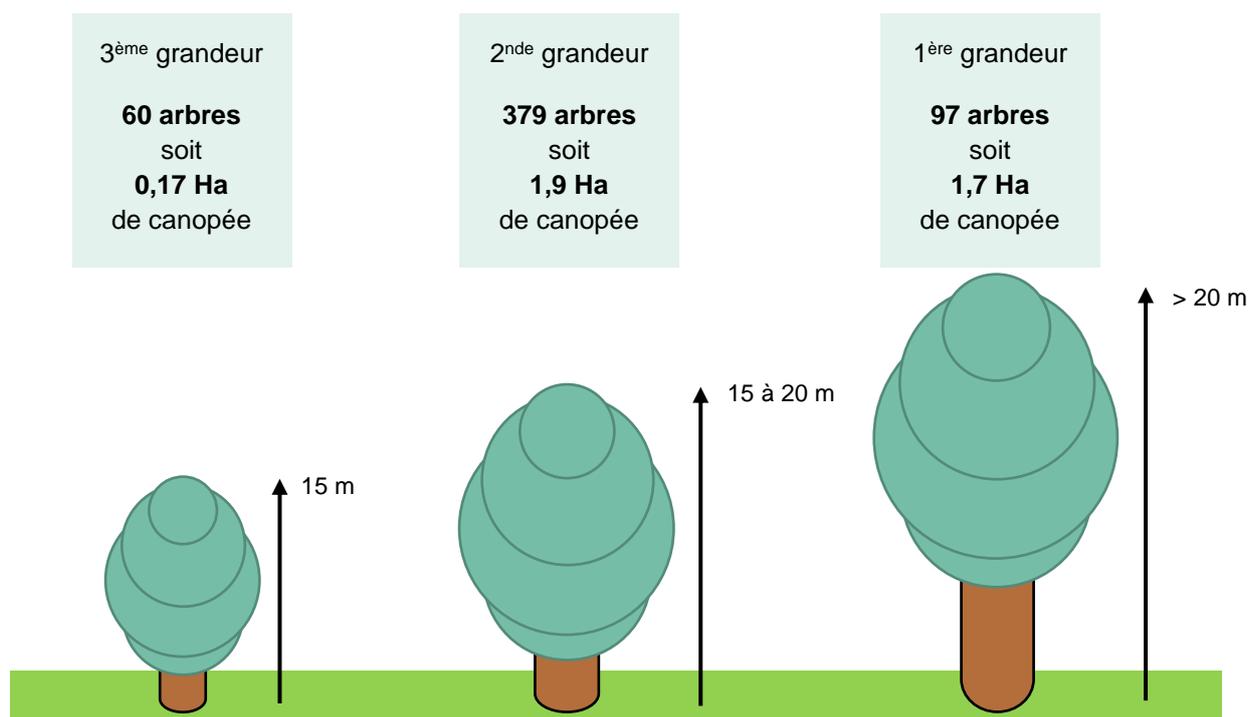


Figure 27 : Résumé des résultats de canopée supplémentaire théorique potentielle. (M. Cornut,2021).

Ces chiffres donnent un aperçu du potentiel de plantation à partir de la typologie de plantation définie par la méthodologie de plantation présentée précédemment. Les 60 arbres de 3^{ème} grandeur correspondent à des projets pour les voies inférieures à 11 mètres de large.

Tableau 23 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie non plantée du quartier 7.

Largeur de voirie (m)	% Nb voies non plantées tot	% Linéaire de voirie non plantée	Score d'efficacité	Nombre de voies	% Nb voies non plantées	Mètres linéaires (ml)	% de linéaire de voirie non plantée
> 18 m	1,5	8,2	> 3	0	0	0	0
			1 à 3	1	1,5	1230	8,2
			< 1	0	0	0	0
12 à 18 m	43,3	51,6	> 3	1	1,5	160	1,1
			1 à 3	3	4,5	450	3
			< 1	25	37,3	7120	47,5
< 12 m	55,2	40,2	> 3	0	0	0	0
			1 à 3	17	25,4	2765	18,4
			< 1	20	29,9	3260	21,8
Total	100	100		67	100	14985	100

- 32,9% des voies soit 30,7% du linéaire de voirie non plantée ont un bon à moyen score d'efficacité. Il s'agit en majorité de voies de moins de 12 m de large
- 67,1% des voies soit 69,3% du linéaire de voirie non plantée ont un mauvais score. Il s'agit en majorité des voies avec une largeur de moins de 18 m.

Ces résultats nous indiquent qu'il y a 5 voies de plus de 12 m de large et 17 voies de moins de 12 m de large soit 22 voies qui présentent un score intéressant.

Tableau 24 : Synthèse des résultats de l'analyse multicritère de faisabilité de plantation sur la voirie plantée du quartier 7.

Largeur de voirie (m)	% Nb voies plantées tot	% Linéaire de voirie plantée	Score d'efficacité	Nombre de voies	% Nb voies plantées	Mètres linéaires (ml)	% de linéaire de voirie plantée
> 18 m	19,8	35,8	> 3	2	2,5	300	0,9
			1 à 3	13	16	11460	34,3
			< 1	0	0	0	0
12 à 18 m	53	49,3	> 3	2	2,5	265	0,8
			1 à 3	24	29,7	10210	30,6
			< 1	18	22,2	6175	18,5
< 12 m	27,2	14,9	> 3	0	0	0	0
			1 à 3	13	16	2820	8,4
			< 1	9	11,1	2140	6,5
Total	100	100		81	100	33370	100

L'analyse des voies plantées montre que 60,5% des voies, soit 74,4% du linéaire de voirie planté soit environ $\frac{3}{4}$ ont score moyen ou bon avec une prédominance des scores moyens. Les 39,5 % de voies restantes ont un score faible. Il s'agit en majorité de voies de moins de 18 m de large. Elles représentent cependant seulement 15,6% du linéaire de voirie planté.

Sur les 81 voies, 54 voies ont une note qui corrobore avec le fait qu'elles soient plantées. Il reste 27 voies ou la formule offre un score faible. Cela met en image les limites de la formule simplifiée. Basée sur une typologie de plantation, certaines voies obtiennent de mauvaises notes mais restent toutefois potentiellement plantables.

ANALYSE COMPARATIVE DES SCORES DE FAISABILITE DE D'EFFICACITE

Les deux enjeux ayant été caractérisés puis formulés, il faut désormais comparer les scores afin d'identifier les voies avec les meilleures combinaisons de scores.

Il n'y a pas de corrélation forte entre les deux scores. Il est possible de retrouver plusieurs types de cas. Exemple : Les voies avec des scores de faisabilité élevés ont légèrement tendance à avoir des scores d'efficacité élevés mais ça n'est pas une généralité.

Tableau 25 : Echantillon de comparaison des scores d'efficacité et de faisabilité sur des voies du quartier 7.

Dénomination	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Allée Romain Rolland	5,0	9
Rue Angèle Vannier	2,0	9
Square Doyen Yves Milon	5,0	8
Boulevard Léon Grimault	2,0	8
Place du Ronceray	2,0	8
Rue de Châteaugiron	1,4	8
Allée de la Grande Treille	5,0	7,5
Boulevard Paul Hutin Desgrées	2,0	7,5
Rue de la Sauvaie	2,0	7
Rue Michel Gérard	2,0	7
Rue René Yves Creston	2,0	7
Boulevard Oscar Leroux	2,0	7
Rue du Bignon	2,0	7
Boulevard Franklin Roosevelt	1,4	7
Boulevard Léon Bourgeois	1,4	7
Rue Louis Pétri	1,4	7
Rue Docteur Ferrand	0,7	7

Dans le cas des voies avec les scores de faisabilité les plus élevés, nous pouvons remarquer que les scores d'efficacité sont plutôt élevés ou moyens. Il y a quelques scores qui sont tout de même faibles. Ceci peut s'expliquer. Une voie qui est très large mais présente beaucoup de réseaux, a un score de faisabilité élevé. Mais son score d'efficacité peut être faible en raison des coûts plus importants liés au dévoiement potentiel des réseaux. Les voies avec un score de faisabilité entre 4 et 6,5, ont des notes d'efficacité qui oscillent entre 0,5 et 2. Il y a cependant 2 exceptions qui possèdent un score d'efficacité élevé. Il s'agit de la Rue Baudri de Bourgueil et la place Jean Gouriou. Ces deux sites sont déjà plantés. Les voies avec un score inférieur à 4 en faisabilité ont systématiquement une note inférieure à 2 en efficacité. Les notes d'efficacité oscillent entre 0,5 et 1,5.

2. ETUDES DE CAS DE SITES.

1. « VOIRIE LINEAIRE » : RUE DE LA 87^{EME} DIVISION D'INFANTERIE TERRITORIALE

Nous avons visité le site afin de recueillir des informations précises et proposer la plantation d'arbres. Cette rue présente deux configurations un peu différentes, la partie nord de la rue et la partie sud.



Figure 28 : Photographie de la partie nord de la rue de la 87ème division d'infanterie territoriale (M. Cornut, 2021).

Partie Nord : - La largeur de voirie est de 12 m, avec des trottoirs de 2,25 m de large. Il y a 4 îlots de ralentissement de forme rectangulaire avec les dimensions suivantes : 2,50 m de largeur par 3,60 m de longueur. La superficie par îlot est de 9 m². La voie est d'un côté, bloquée par le mur qui délimite le cimetière de l'Est. L'autre côté de la voirie donne sur des habitats pavillonnaires avec front de jardin de grande superficie.

En nous intéressant aux réseaux enterrés et aériens nous apercevons qu'il y a uniquement un réseau de canalisations des eaux usées et des eaux pluviales. Il y a également un réseau électrique aérien côté est de la rue, au-dessus des places de parking. Au vu des conditions de la rue, nous préconisons la création de fosses de plantation en dessous de chaque îlot de ralentissement avec la plantation d'un arbre de 1^{ère} ou 2^{ème} grandeur par îlot, ce qui fait 4 arbres supplémentaires.



Figure 29 Carte des réseaux d'une partie de la rue de la 87ème Division d'infanterie Territoriale (M. Cornut, 2021).

Dans un second temps il serait envisageable de déplacer les places de stationnement du côté est de la chaussée vers le côté ouest. Etant donné l'absence de réseaux souterrains côté ouest, c'est un espace propice à la plantation d'arbres. De plus l'absence de façades d'habitations permet d'envisager la plantation de grands sujets. La proposition est de créer une tranchée de plantation de 2 m de large tout le long de cette voie jusqu'au bout au sud du mur de délimitation du cimetière. Des arbres peuvent être plantés tous les 10 mètres avec une surface enherbée au pied de l'arbre de 10 m². Le reste de la tranchée peut être recouvert par un revêtement de surface perméable sur lequel pourront stationner les voitures. En ne prenant pas encore le linéaire de la rue où se trouvent les îlots de ralentissement, il y a 240 mètres linéaires disponibles potentiellement aménageables. Ce qui représente 24 arbres de 1^{ère} ou 2^{ème} grandeur supplémentaires. Cela entraînera la suppression de 24 places de parking.

Partie Sud : - La largeur de voirie est de 12 m, avec un trottoir de 2,65 m de large côté ouest et un autre de 2,35 m côté est. Il y a un îlot de ralentissement avec les dimensions suivantes : 2,20 m de longueur par 3,10 m de largeur. 3,30 m de largeur en partant de la bordure du trottoir. Sa forme est triangulaire avec des angles arrondis.



Figure 30 Photographie de la partie sud de la rue de la 87ème division d'infanterie territoriale (M. Cornut, 2021).



Les réseaux présents sur la partie sud de la rue sont les mêmes que sur la partie nord. Le réseau électrique aérien se situe au-dessus des places de parking côté ouest. Nous préconisons l'enterrement du réseau électrique aérien, puis la suppression de quelques places de parking pour planter des arbres le long du côté ouest de la voie.

Figure 31 Carte des réseaux de la rue de la 87ème division d'infanterie territoriale. (Cornut M).

Il y a 19 places de stationnement le long de la chaussée. Cependant un parking se trouve en amont de la rue. Nous proposons de remplacer 4 places de parking par 4 fosses de plantation. La création d'une tranchée serait trop coûteuse pour planter simplement 4 arbres de 2^{ème} grandeur sur un linéaire de 135 mètres. Les places de parking remplacées seront judicieusement sélectionnées. Il pourrait par exemple s'agir de réduire chaque îlot de stationnement pouvant accueillir 3 à 4 automobiles pour passer à 2 ou 3 places.

Au total, cette rue pourrait accueillir 32 arbres supplémentaires avec les propositions énoncées. Cela représente un peu moins que la valeur théorique calculée dans le tableau de calcul du score d'efficacité qui était de 34 arbres. Cette étude montre tout de même que la valeur théorique calculée grâce au tableau de données est du même ordre de grandeur que lorsque nous traitons la rue au cas par cas.

2. « VOIRIE PONCTUELLE » : PARKING DU RONCERAY



Figure 32 Carte des réseaux de la place du Ronceray (M. Cornut, 2021).

Il y a deux alignements de platanes plantés en 1991 côté ouest. L'alignement le plus à l'ouest est composé de 8 platanes avec une canopée individuelle estimée à 19,6 m². Chacun est planté dans une fosse de 3,75 m³ de volume et entouré de revêtement enrobé sur lequel se trouvent des places de parking. C'est très faible pour un platane de 30 ans. L'annexe I indique en effet que les platanes à l'âge de 20 ans ont en moyenne une canopée de 44,2 m².

Le second alignement est composé de platanes avec une canopée moyenne de 63,6 m², ceux-ci sont plantés dans des conditions plus favorables car ils disposent d'un milieu composé de tout-venant (gravats) en plus des 3,75 m³ de fosse de plantation. De plus la surface du sol est couverte de grands pavés sans joints, ce qui doit potentiellement permettre aux arbres de capter davantage d'eau que les autres. Si les conditions de plantation avaient été celles préconisées par le CPGEF alors les platanes du premier alignement auraient théoriquement une canopée bien plus importante. Nous savons également que les eaux s'écoulent en direction des alignements. Nous préconisons donc, la mise en place du système de Stockholm afin d'agrandir l'espace disponible pour le système racinaire tout en maintenant la bonne portance du sol et sans toucher aux places de stationnement. Il est également possible de relier les fosses pour créer une tranchée transformée en noue végétalisée.

Dans un second temps nous proposons de planter un nouvel alignement d'arbres sur la rangée de places de stationnements juste à l'est du second alignement. Il serait possible de créer une tranchée de plantation sous forme de noue végétalisée ou bien un alignement d'arbres plantés avec le système de Stockholm. Cela entrainerait seulement le dévoiement du réseau d'éclairage public. La rangée mesurant 90 mètres il serait possible de planter 8 arbres de 1^{ère} grandeur en plus. Cette proposition pourrait également s'appliquer à la dernière rangée, cela apporterait encore 8 arbres supplémentaires soit un total de 16 nouveaux arbres en plus des 16 existants. Le total revient à 32 arbres. Or le calcul du nombre d'arbres théorique figurant sur l'annexe IX indiquait 30 arbres supplémentaire en omettant les arbres existants. Cet exemple montre également que l'évaluation théorique de nombre d'arbres supplémentaires se rapproche d'un nombre évalué à partir d'une analyse précise du site.

1 DISCUSSION

Les résultats obtenus avec les scores de faisabilité et d'efficacité ne sont pas forcément corrélés entre eux. Les scores d'efficacité sont très subjectifs, basés sur une analyse économique. Evaluer le rapport entre le coût total théorique des travaux et le linéaire de voirie fut une solution pour pouvoir comparer chaque type de voirie peu importe la taille. En effet en se basant sur une fourchette de coûts totaux des travaux nous obtenions de très grosses valeurs pour les voies larges et longues de plus de 18 m et des petites sommes pour les voies étroites et courtes de moins de 12 m de large. Les catégories de ratio sélectionnées sont basées sur le calcul des coûts hors taxes des travaux sur des rues témoins. Il est donc envisageable que ce ratio tende à se préciser à l'avenir notamment en étant fixé par un responsable ou un élu. En effet, si les élus décident d'allouer un gros budget aux plantations d'arbres alors les catégories du score pourront être réhaussées et inversement.

Etudier les voies déjà plantées a permis d'observer la crédibilité des scores de faisabilité et d'efficacité par rapport à l'existant. Cependant une voie plantée ne suit pas forcément la typologie de plantation proposée, par conséquent le nombre d'arbres théoriquement plantés est éloigné de la réalité. Certaines voies plantées présentaient un intérêt en vue des scores obtenus et de l'absence d'arbres plantés sur une partie des voies. Pour déterminer exactement la longueur en mètres linéaires de voirie aménageable il aurait été possible de mesurer les portions non plantées des voies dans la catégorie plantée.

Durant la récolte de données, nous avons rencontré des difficultés concernant le nombre de réseaux enterrés et la largeur de voirie. Certaines voies présentaient un nombre de réseaux qui variaient selon la position sur la voie. Et ce fut également le cas pour la largeur de voirie qui variait parfois. Nous avons donc complété ces facteurs en calculant la moyenne sur 3 localisations sur la voie lorsque la situation l'exigeait. De plus, certaines voies classées dans les non plantées possédaient quand même des arbres d'accompagnement de voirie. Cependant ces arbres présentant le nom d'un site différent, ils n'ont pas été considérés sur les voies concernées.

Enfin, l'étude précise de la rue de la 87^{ème} division territoriale et du parking du Ronceray ont permis de comparer le nombre théorique d'arbres supplémentaires calculé dans le tableau de calcul du score d'efficacité (Annexe IX) et le nombre d'arbres supplémentaires déduit de l'étude de site. Les résultats sont quasiment similaires dans ces deux cas, cela montre une certaine cohérence de la typologie de plantation proposée par rapport à la réalisation d'un projet sur mesure pour chaque site. Cela donne du crédit aux estimations obtenues grâce au tableur.

CONCLUSION

Pour résumer nous avons répondu progressivement aux questions initiales qui étaient : Que possède la Ville de Rennes en patrimoine arboré d'accompagnement de voirie ? Quelles sont les études de stratégie de végétalisation menées par les autres collectivités ? Comment évaluer la faisabilité de plantation d'une voie ? Quelle typologie de plantation selon la morphologie de la voirie ? Comment évaluer l'efficacité de la plantation ? Comment hiérarchiser les voies à planter ? Tout d'abord, la Ville de Rennes possède un patrimoine d'environ 23 500 arbres d'accompagnement de voirie majoritairement en port libre, avec une moyenne d'âge relativement jeune. L'étude prospective auprès des différentes collectivités a montré que celles-ci ne sont pour la plupart pas encore dotées d'une véritable stratégie de végétalisation. Chacune se concentre sur un aspect particulier, qu'il s'agisse de renouvellement du patrimoine, de plan de plantation sur la voirie et ou encore de plan de plantation sur les espaces verts. Globalement les collectivités sont en train de réaliser des études, soit en régie soit par des bureaux d'études privés spécialisés. La collectivité en termes de stratégie végétale la plus avancée est Paris, grâce aux études réalisées par l'APUR. Lyon ne fut pas évoqué par manque de sources mais elle est également bien avancée grâce à des études cartographiques de carence en végétal au sein des rues. Le tableau de synthèse produit une grande diversité d'informations sur la collectivité, le responsable en charge de l'arbre en ville, les objectifs politiques ainsi que sur les études en cours. Les enjeux de faisabilité ainsi que d'efficacité (Canopée apportée/Coût des travaux) basés sur des données obtenables via la base de données ou via des mesures, permettent de déterminer quelles rues seraient complexes et coûteuses à aménager. Quelques autres facteurs permettent d'affiner l'évaluation mais c'est actuellement loin d'être exhaustif. Les méthodes d'évaluations proposées sont simplifiées et les résultats obtenus ne reflètent pas la réalité. Cependant elles nous permettent de visualiser un ordre de grandeur des arbres potentiels supplémentaires et des coûts pour les planter. Il est possible d'analyser les sites sans combiner les scores obtenus, l'une se basant sur la capacité physique d'une voie à accueillir des arbres et l'autre se basant sur un couple Canopée apportée/Coût des travaux.

La première hypothèse émise était que la voirie publique possédait un potentiel important pour la plantation d'arbres. Comme les résultats l'ont montré, à l'échelle d'un seul quartier de la ville, 536 arbres de grandeur variable pourraient potentiellement être plantés, soit environ 3,77 hectares de canopée supplémentaire. Bien entendu ces données sont à prendre avec des pincettes. Le nombre d'arbres supplémentaires est certainement bien plus faible que les chiffres annoncés. Cependant cela permet d'avoir un ordre de grandeur. La seconde hypothèse était que la canopée apportée par les nouveaux arbres plantés dépendrait des conditions de vie qui leur sont données et donc de l'investissement de la Ville. En se basant sur les préconisations techniques du livret Arbre du CPGE, les conditions de vie des arbres seraient acceptables. Mais si les dispositifs tels que les jardins de pluie ou encore le système de Stockholm étaient appliqués, cela améliorerait davantage les conditions de vie des arbres sans parler de la gestion des eaux de pluie associée. Le système de Stockholm est un dispositif coûteux mais dans le même ordre de prix que le MTP. D'après A. Jaluzot dans la synthèse de la 32^{ème} Arborencontre, 2017. «Et si l'on raisonne en coût global, en intégrant la gestion des eaux pluviales, l'entretien et les économies liées au fait que ces plantations ne nécessiteront pas de renouvellement rapide, ni de soins supplémentaires, on peut considérer que le retour sur investissement est très favorable. »

Cette étude s'est concentrée uniquement sur un quartier de Rennes, en perspective, celle-ci pourrait être menée sur les autres quartiers afin d'obtenir une liste exhaustive de toutes les voies publiques et des informations sur leur géométrie. Ensuite, les réseaux enterrés se sont montrés très contraignants pour la plantation d'arbres. Il serait intéressant d'envisager une étude sur la mutualisation des réseaux enterrés dans des gaines communes comme c'est le cas à Tokyo par exemple. L'étude prospective des collectivités est très intéressante pour repérer l'état d'avancement de chacun sur un sujet commun, il serait intéressant de l'étoffer afin d'agrandir le réseau de connaissances et pouvoir éventuellement créer des partenariats pour des études en commun sur la stratégie de végétalisation des villes.

BIBLIOGRAPHIE

Akbari et al. (1992). "Cooling our communities – a guidebook on tree planting and light-colored surfacing.", U.S. Environmental Protection Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division, Berkeley: Lawrence Berkeley Laboratory. Consulté le 10 avril 2021.

A. Jaluzot et al. (2018). « Arbres en milieu urbain, guide de mise en œuvre ». Trees&Design Action Group. ISBN : 978-0-9928686-3-5. Consulté le 20 mai 2021. Disponible sur : <https://www.tdaq.org.uk/arbres-en-milieu-urbain.html>.

CAUE 77, 2017 « Synthèse de la 32^{ème} Arborencontre : Les plantations permettant de gérer les eaux pluviales et de réguler la température en ville. » Consulté le 25 août. Disponible sur : <http://www.arbres-caue77.org/medias/files/synthese-juin-2017-yh.pdf>

A. Arneth et al. 2020. « Changement climatique et terres émergées. Rapport spécial du GIEC sur le changement climatique, la désertification, la dégradation des sols, la gestion durable des terres, la sécurité alimentaire et les flux de gaz à effet de serre dans les écosystèmes terrestres. Résumé à l'intention des décideurs. » Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Consulté le 29 mars 2021. Disponible sur : https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_fr.pdf

Direction des jardins, Ville de Rennes. 2008. « Cahier des prescriptions générales des espaces publics ». Livret B – Arbre. Consulté le 20 juin 2021.

Direction de la Voirie, service exploitation, Rennes métropole. 2021. « Réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, programme 2021/2025 », Lot 1, détail quantitatif estimatif. Consulté le 10 août 2021.

Direction de la voirie, Ville de Rennes. 2008. « Cahier des prescriptions générales des espaces publics ». Livret jeux et compositions. Consulté le 19 juin 2021

Direction de la voirie, Ville de Rennes. 2008. « Cahier des prescriptions générales des espaces publics ». Livret voies et dessertes. Consulté le 19 juin 2021.

Fosse J. (2018). Objectif « zéro artificialisation nette » : quels leviers pour protéger les sols ? France STRATEGIE, Paris. Disponible sur : <https://www.strategie.gouv.fr/publications/objectif-zero-artificialisation-nette-leviers-protger-sols>. Consulté le 10 avril 2021.

Rivard G. et al. (2011.). a. « Guide de gestion des eaux pluviales. Stratégie d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain ». Chapitre 11 – Les pratiques de gestion optimale des eaux pluviales, Bande de végétation filtrante. Page 264 à 271. Disponible sur : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm>. Consulté le 13 mai 2021.

Rivard G. et al. (2011.). b. « Guide de gestion des eaux pluviales. Stratégie d'aménagement, principes de conception et pratiques de gestion optimales pour les réseaux de drainage en milieu urbain ». Chapitre 11 – Les pratiques de gestion optimale des eaux pluviales, Biorétention/Jardin de pluie. Page 271 à 280. Disponible sur : <https://www.environnement.gouv.qc.ca/eau/pluviales/guide.htm>. Consulté le 13 mai 2021.

Vinet J. (2000). (Futura, 2017) Contribution à la modélisation thermo-aérotechnique du microclimat urbain : Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs. Doctorat science pour l'ingénieur option architecture, Polytechnique Nantes, Nantes, 251p. Consulté le 10 avril 2021.

Walter V. Reid et al. (2005). « Rapport de synthèse de l'Evaluation des Ecosystèmes pour le Millénaire ». Page 9, ligne 21 à 26. Consulté le 16 avril 2021. Disponible sur : <http://www.millenniumassessment.org/fr/Synthesis.html>.

Y-F. Vauléon. 2020. « Espaces publics à végétaliser à Paris. Cahier 1 : Identification des sites potentiels. » Atelier Parisien d'Urbanisme. Consulté le 10 mai 2021. Disponible sur : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/orientations-espaces-publics-vegetalises-paris>

Y-F. Vauléon. 2020. « Espaces publics à végétaliser à Paris. Etude exploratoire. » Atelier Parisien d'Urbanisme. Consulté le 10 mai 2021. Disponible sur : <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/espaces-publics-vegetaliser-paris>

SITOGRAPHIE

Baude M. et al. (2021). Chiffres clés du climat, France, Europe et Monde, EDITION 2021 consulté le 10 avril 2021 sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/edition-numerique/chiffres-cles-du-climat/1-observations-du-changement-climatique>.

Brussels Environnement. (s. d.). Accueil. Dans Guidebatimentdurable. Consulté le 16 avril 2021 sur : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/accueil.html?IDC=1506>.

Brussels Environnement. (2019.). Dispositif Jardin de pluie. Dans Guidebatimentdurable. Consulté le 16 avril 2021 sur : <https://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/jardin-de-pluie.html?IDC=10708>.

Futura Sciences. (s. d.). Ilot de chaleur urbain. Dans la rubrique Futura Planète. Consulté le 10 avril 2021 sur <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-ilot-chaleur-urbain-5473/>,

V. Schwarz. 2019. « Comprendre. Tout savoir sur la météo, le climat et Météo-France. Changement climatique et vagues de chaleur. » Météo-France. Consulté le 12 avril 2021 sur : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/impacts-du-changement-climatique-sur-les-phenomenes-hydrometeorologiques/changement-climatique-et-canicules>

 	<p>Diplôme : Ingénieur en paysage</p> <p>Spécialité : Ingénierie des espaces verts urbains (IEVU)</p> <p>Spécialisation / Option : « Urban Forestry »</p> <p>Enseignant référent : Marie-Reine Fleisch</p>
<p>Auteur(s) : Cornut Mathieu</p> <p>Date de naissance : 09 avril 1998</p>	<p>Organisme d'accueil : Ville de Rennes</p> <p>Adresse : 74 rue Dupont des Loges 35000 Rennes</p> <p>Maitre de stage : MARTIN Bertrand</p>
<p>Nb pages : 53 Annexe(s) : 47</p>	
<p>Année de soutenance : 2021</p>	
<p>Titre français : Caractérisation du potentiel de plantation arborée sur le domaine routier public rennais.</p> <p>Titre anglais : Characterization of the potential for tree planting on the public road network in Rennes.</p>	
<p>Résumé : Cette étude vise à formuler une méthode de détermination des voies qui présentent du potentiel pour planter des arbres, basée sur des enjeux de complexité, d'efficacité de lutte contre les îlots de chaleurs urbains et économique. Cette méthode se base sur une analyse multicritère pour évaluer la faisabilité de plantation et sur une seconde analyse multicritère pour évaluer l'efficacité de plantation par rapport au coût du projet. Le premier objectif est de pouvoir hiérarchiser les voies à végétaliser en priorité et repérer des sites avec du potentiel. Le second objectif est de pouvoir évaluer le nombre d'arbres supplémentaires plantables en accompagnement de voirie pour répondre à l'objectif politique de planter 30 000 arbres en 6 ans tout en luttant contre les îlots de chaleur urbains.</p>	
<p>Abstract : This study aims to formulate a method for determining the roads with potential for tree planting, based on issues of complexity of plantation, effectiveness in combating urban heat islands and economics. This method is based on a multi-criteria analysis to evaluate the feasibility of planting and a second multi-criteria analysis to evaluate the effectiveness of planting in relation to the cost of the project. The first objective is to be able to prioritise the roads to be greened and to identify sites with potential. The second objective is to be able to evaluate the number of additional trees that can be planted along the roads to meet the political objective of planting 30,000 trees in 6 years to combat urban heat islands.</p>	
<p>Mots-clés : Ilot de chaleur urbain ; végétalisation ; stratégie ; arbre urbain ; potentiel de plantation ; services écosystémiques ; environnement ; intégration des eaux de pluie</p> <p>Key words : Urban heat island; greening; strategy; urban tree; planting potential; ecosystem services; environment; rainwater integration</p>	

AGROCAMPUS OUEST

- CFR Angers
- CFR Rennes

<p>Année universitaire : 2020 – 2021</p> <p>Spécialité : Paysage</p> <p>Spécialisation (et option éventuelle) : Ingénierie des espaces verts urbains option « Urban Forestry »</p>	<p>Mémoire de fin d'études</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> d'ingénieur d'AGROCAMPUS OUEST (Ecole nationale supérieures des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de l'Institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)<input type="checkbox"/> de master d'AGROCAMPUS OUEST (Ecole nationale supérieures des sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage), école interne de l'Institut Agro (Institut national d'enseignement supérieur pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement)<input type="checkbox"/> de Montpellier SupAgro (étudiant arrivé en M2)<input type="checkbox"/> d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)
---	---

ANNEXES

Par : Mathieu CORNUT

Soutenu à Angers le 09/09/2021

Devant le jury composé de :

Président : Gilles Galopin

Autres membres du jury : Clarisse Paillard

Maitre de stage : Bertrand Martin

Enseignant référent : Aqnès Grapin et Marie-Reine Fleisch

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

LISTE DES ANNEXES (2EME FASCICULE)

Annexe I : Méthodologie de réflexion pour la végétalisation dans les quartiers pavillonnaires (M. Cornut, 2020)

Annexe II : Tableau récapitulatif des dimensions moyennes des 10 essences les plus présentes à Rennes selon leur catégorie d'Age. (Source : DJB, Unité arbre, 2021).

Annexe III : Terrassement (source : accord cadre de travaux : réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p6, direction de la voirie, Rennes Métropole, 2021)

Annexe IV : Fourniture et transport sur site du mélange terre-pierre (source : accord cadre de travaux : Réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p5, direction de la voirie, Rennes Métropole, 2021)

Annexe V : Bordereau de prix de fourniture et de pose de bordure granit 15x15 (source : accord cadre de travaux : réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p9-10, direction de la voirie, Rennes Métropole, 2021)

Annexe VI : Tableau de calcul de score de faisabilité sur des voies témoins (M. Cornut, 2021).

Annexe VII : Tableau de calcul de score d'efficacité sur des voies témoins (M. Cornut, 2021).

Annexe VIII : Tableau de calcul de score de faisabilité sur les voies du quartier 7 (M. Cornut, 2021).

Annexe IX : Tableau de calcul de score d'efficacité sur des voies témoins (M. Cornut, 2021).

ANNEXES

ANNEXE I : METHODOLOGIE DE REFLEXION POUR LA VEGETALISATION DANS LES QUARTIERS PAVILLONNAIRES (M. CORNUT, 2020)

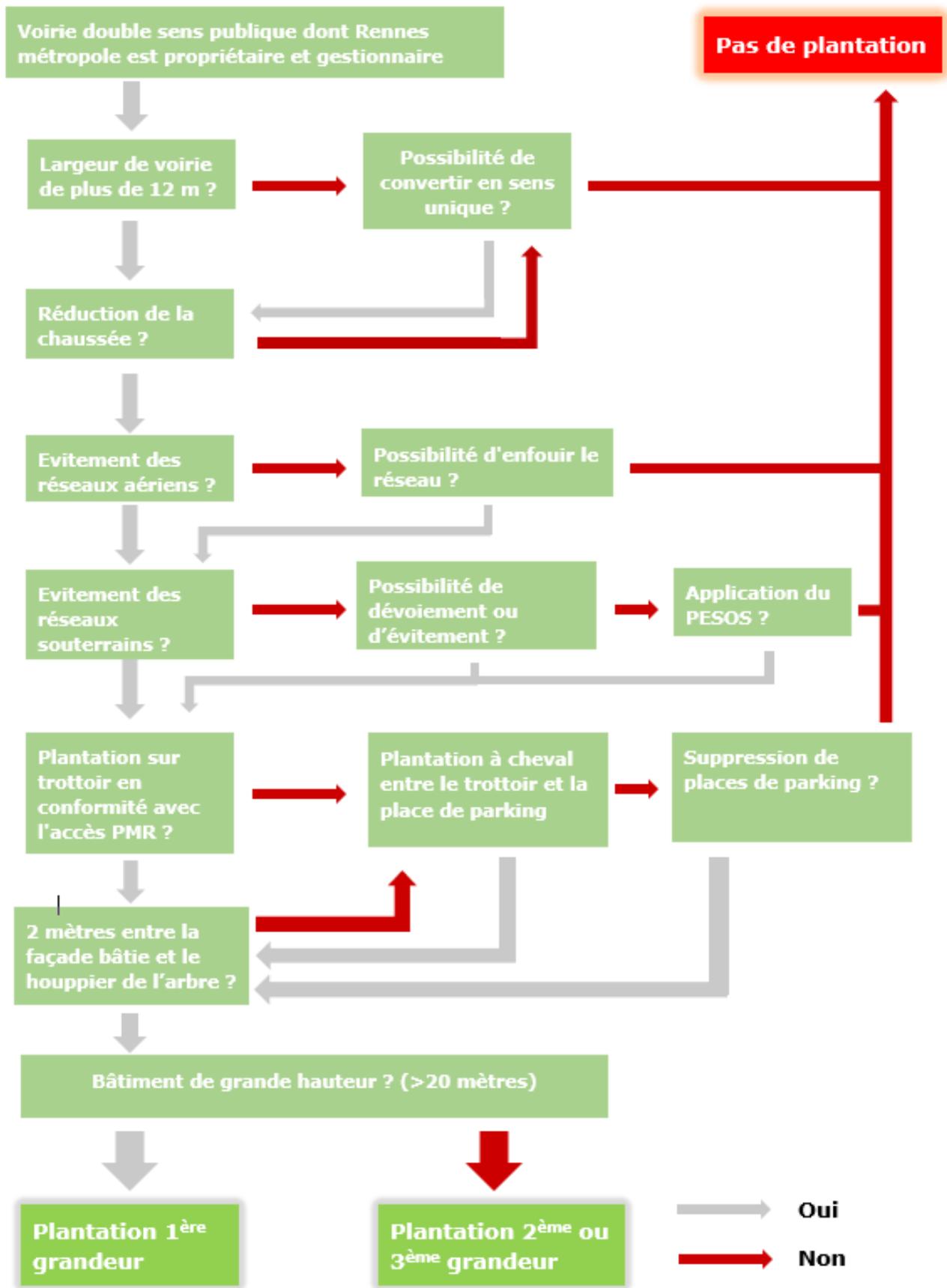
OBJECTIF :

Renforcer la présence du végétal, améliorer le cadre de vie et rafraichir les rues pavillonnaires. L'objectif étant d'atteindre le ratio de 30% de canopée pour chaque quartier de la ville.

RESUME :

Le principe est de modifier si nécessaire le plan de circulation pour libérer de l'espace dans les rues sur lesquelles il sera alors possible de planter. Il s'agit également de caractériser chaque facteur à prendre en compte pour savoir s'il est possible de planter et pour savoir quelle grandeur d'arbre planter.

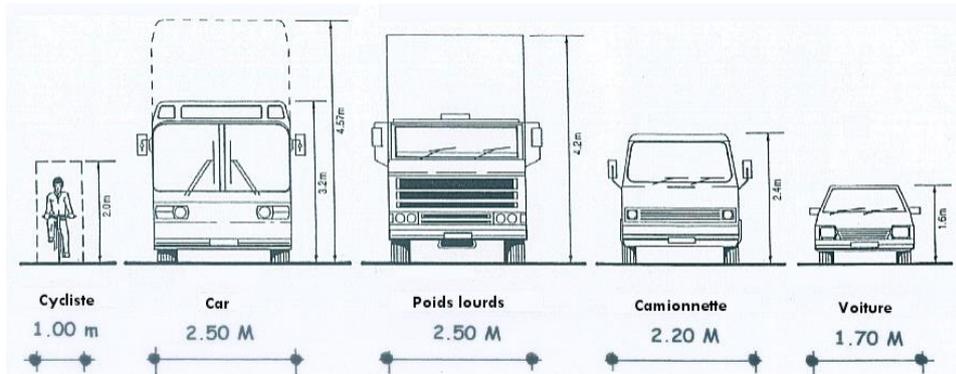
ORGANIGRAMME DE LA METHODOLOGIE



RAPPEL

La voirie a rédigé un livret sur l'organisation et la conception des voiries de desserte. On y retrouve les largeurs minimales de voirie à respecter selon la nature de la voirie (zone de rencontre, voirie à 50km/h...) pour la chaussée et le trottoir.

La chaussée :



Au pas, la marge de manœuvre nécessaire est de 0.15 m et la marge de croisement est de 0.30 m.
A 30 km/h, la marge de manœuvre est de 0.20 m et la marge de croisement est de 0.50 m.

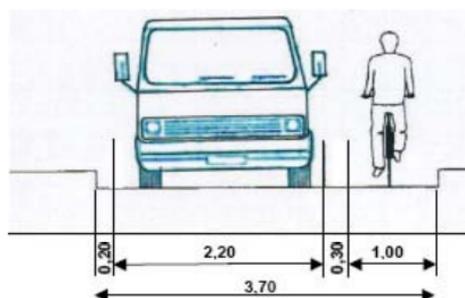
Une marge de croisement correspond à l'espace nécessaire entre deux véhicules circulant en sens inverse.

Une marge de manœuvre correspond à l'espace nécessaire entre un véhicule en circulation et la limite de la chaussée. Si en bord de chaussée il existe un effet de paroi (véhicules en stationnement, barrières...), la marge de manœuvre doit être augmentée.

Figure 1 Schéma des largeurs de référence des automobiles selon leur gabarit (source : livret « Organisation et conception des voies de desserte »,2008)

Dans le cas d'une voie à sens unique : **3,70 m**

Il est rappelé que toutes les chaussées sont à double sens pour les cyclistes, conformément au nouvel article R. 110-2 du code de la route.



La configuration ci- contre présente les garanties suffisantes :

- pour qu'une camionnette puisse doubler un vélo à faible allure ;
- pour qu'un camion puisse croiser un vélo (cas exceptionnel) sans que ce dernier soit dans l'obligation de quitter la chaussée.

La largeur type pour les voies de desserte en sens unique est donc de **3.70m**

Figure 2 Profil de voie en sens unique (source : idem fig. 1)

Dans le cas d'une voie à double sens à vitesse au pas sans stationnement longitudinal : **4,90m**

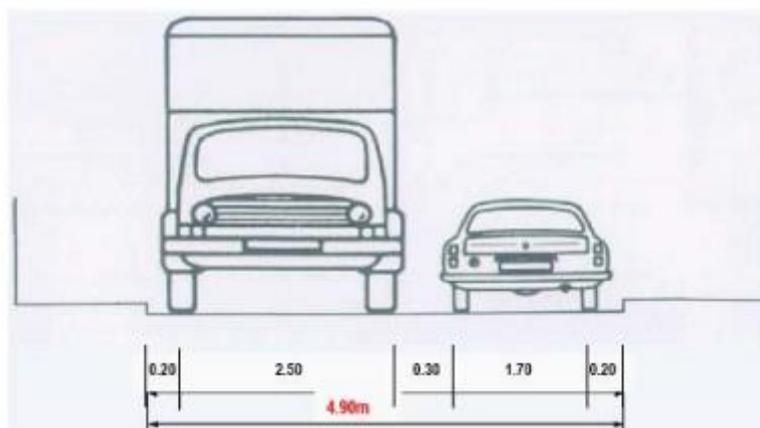


Figure 3 Profil de voie de desserte en double sens (source: idem fig.1)

Dans le cas d'une voie à double sens à vitesse au pas, avec stationnement longitudinal d'un côté ou des deux : **5m** (stationnement d'un seul côté) ou **5,10m** (stationnement des deux côtés).

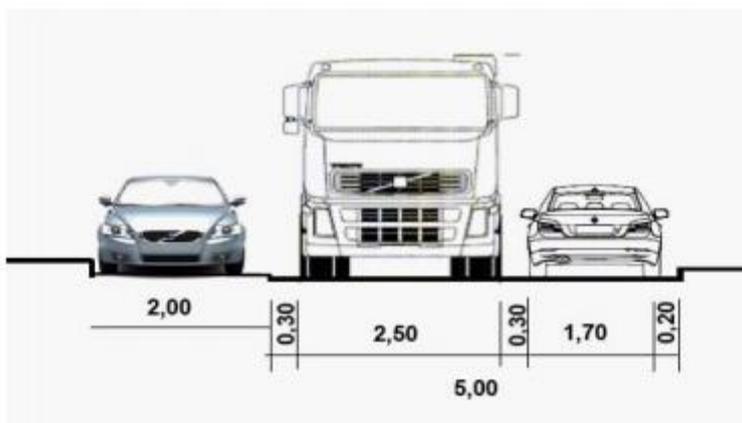


Figure 4 Profil de voie de desserte en double sens avec une place de parking longitudinale (source : idem fig.1)

Le trottoir :

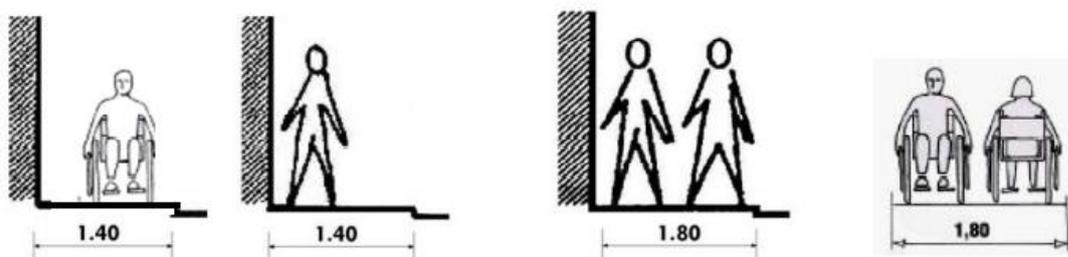


Figure 5 Schéma du profil du trottoir pour faible flux (à gauche) et flux avec croisements courants (à droite) (source : idem fig.1)

LES ETAPES :

1 – MORPHOLOGIE DE LA VOIRIE A L'ECHELLE DU QUARTIER

L'organisation de la voirie varie selon les quartiers et leur période de construction. Certaines voiries sont organisées en maille, c'est-à-dire que la circulation est organisée autour de voies principales souvent parallèles et interconnectées par des rues qui leur sont perpendiculaire.

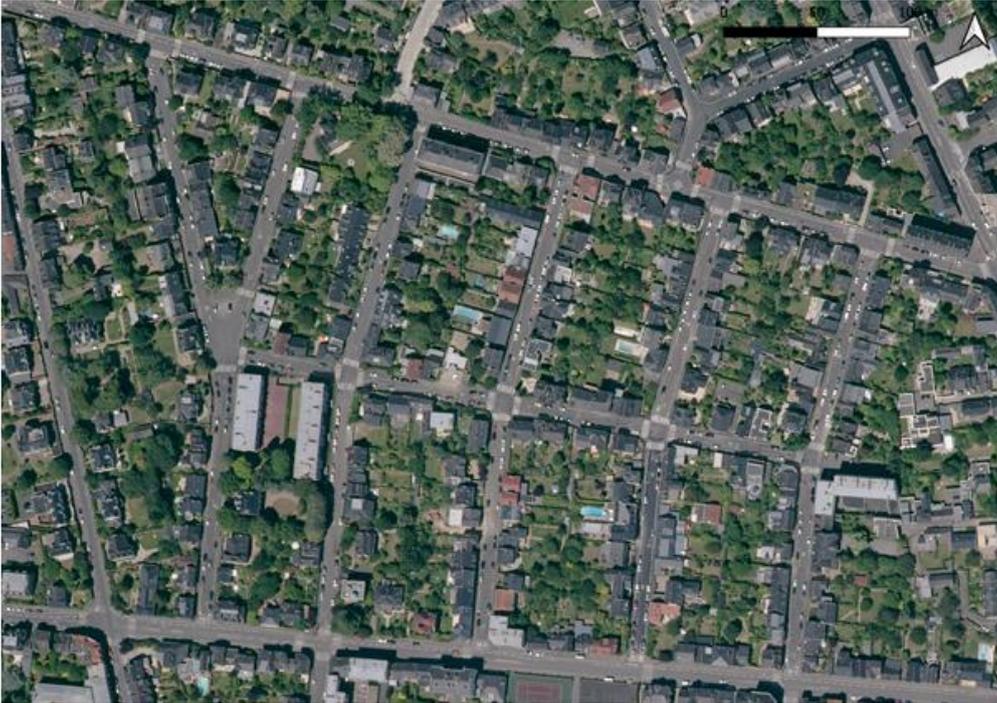


Figure 6 : Plan de principe d'un réseau de voirie organisé en maille (exemple du quartier Fougères-Sévigné) (source : BDORTHO_IGN, 2017)

2 – NATURE DE LA CIRCULATION (SENS UNIQUE OU DOUBLE SENS)

Les voiries sont-elles à sens unique ou à double sens ? Cette question se pose car l'emprise du sol n'est pas la même selon la nature. En effet une circulation à sens unique demande en théorie moitié moins d'emprise sans prendre en compte les places de parking.

Si la voirie est à double sens, elle pourrait être convertie en une route à sens unique afin de gagner de l'emprise au sol et d'envisager la création de fosses de plantations.

Attention : Il faut quantifier le volume disponible au sol afin d'affiner le choix de plantation (Arbre ? Arbuste ? Arbrisseau ? Vivace ?) en accord avec le cahier de prescriptions générales des espaces publics. (CPGEP). Dans le cas de la plantation d'un arbre on pourra également choisir une essence avec un système racinaire compatible au volume de sol.

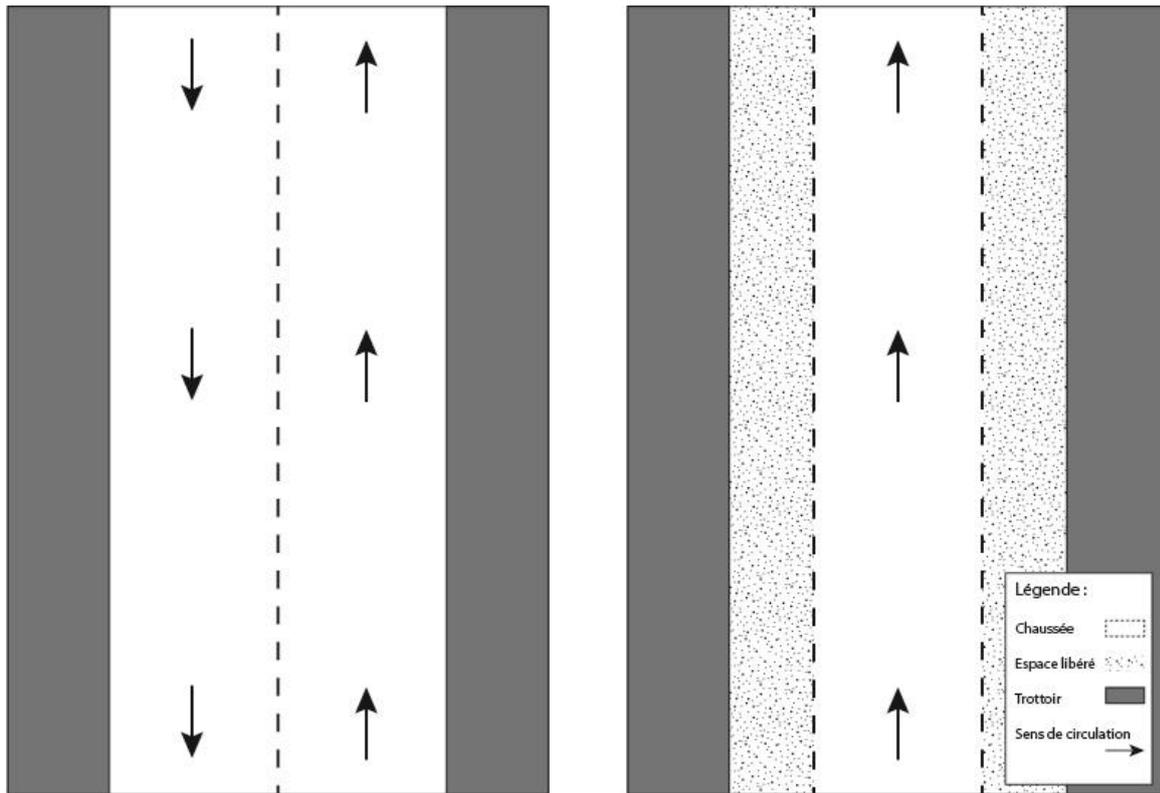


Figure 7 : Schéma avant / après si la voie est convertie de double sens à sens unique. (M. Cornut, 2021)

3 – LARGEUR DE LA VOIRIE / PROXIMITÉ DES BÂTIMENTS (NATURE DU PORT DU HOUPPIER)

L'étape précédente visait à évaluer la libération et l'estimation de l'emprise au sol, cette étape vise à déterminer la même chose pour la partie aérienne de l'arbre.

La voirie est-elle large ? (>12m) Le bâti est-il éloigné de la voirie ou bien directement exposé ? Ces questions visent à évaluer le volume aérien disponible dans des conditions idéales (Pas de réseau aérien).

Selon le Livret Arbre du CPGEP le houppier d'un arbre à l'âge adulte doit être à 2 mètres de distance de la façade d'un bâtiment, le tronc doit être à 5 mètres de distance. Façade d'un bâtiment, le tronc doit être à 5 mètres de distance.

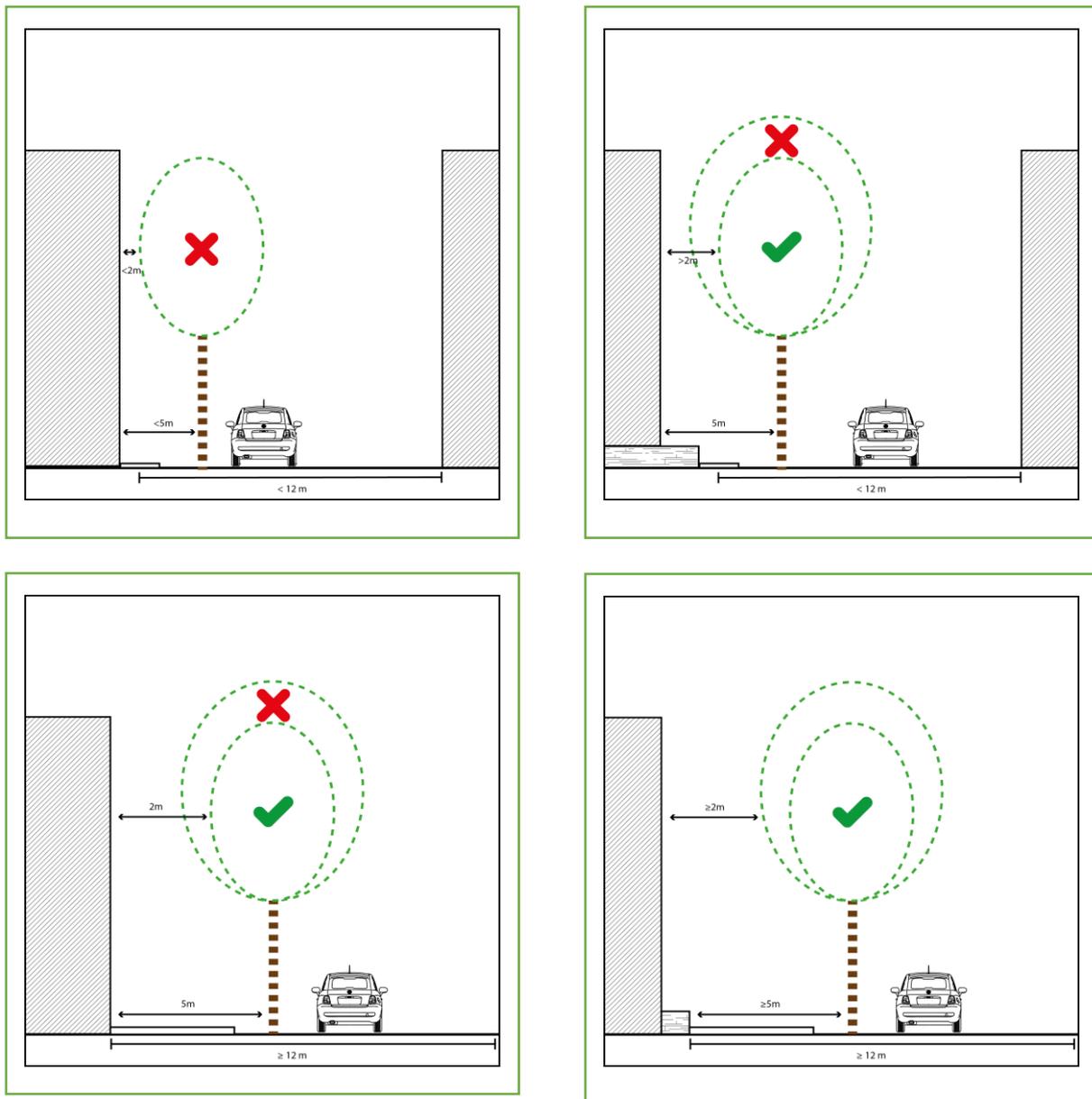


FIGURE 8 : SCHEMAS D'EXEMPLES DE CONFIGURATIONS DE RUES (M. CORNUT,2021)

Avec cette réglementation, un certain nombre de rues ne pourra pas être planté car trop étroite. Pour envisager une plantation dans une rue étroite (moins de 5m de distance entre tronc d'arbre et bâti), nous pouvons exceptionnellement proposer une plantation d'arbre avec un port colonnaire. Pour limiter les contraintes liées à l'entretien et à l'ombre portée sur l'habitation. Et pour avoir au moins 2m entre le houppier et le bâti.

Remarque : Si la rue se trouve côté nord du bâtiment, la problématique de l'ombre n'entre pas en jeu.

(Proposition : Concevoir un petit sondage à distribuer aux habitants d'un quartier concerné par un projet de végétalisation pour connaître leur avis sur la plantation d'un arbre à port plus élargi. Si d'accord nous pourrions proposer des arbres à port étalé, globuleux... Sinon nous proposerons des ports colonnaires ou fastigiés (tige ou cépée).)

4 – PRESENCE DES RESEAUX (AERIENS ET SOUTERRAINS, EVITEMENT OU PESOS)

Les deux étapes précédentes déterminent un volume approximatif sans considérer la présence de réseaux aériens ou souterrains. Cette étape y remédie.

La présence d'un réseau aérien entraîne la taille du houppier d'un arbre pour des raisons de sécurité lorsque les deux entrent en contact. La présence d'un réseau souterrain entraîne l'impossibilité de planter des arbres à proximité (en dessous de 2m pour un arbre et 1m pour un arbrisseau selon la norme AFNOR NF P98-332 de février 2005) pour éviter des interactions avec le système racinaire.

PRESENCE DE RESEAUX AERIENS

La tendance actuelle dans la ville tend à enterrer les réseaux aériens dans un souci de gestion et de sécurité. Il reste cependant des réseaux aériens dans un grand nombre de rues. Dans ces cas-ci la plantation d'un arbre poserait un problème car il faudrait tailler régulièrement l'arbre pour ne pas toucher les câbles. Cela entraînerait des coûts d'entretien élevés et serait esthétiquement discutable.



Figure 9 : Illustration de la présence de réseau aérien sur voirie (source : Internet)

Il est possible de faire une demande d'enfouissement de réseau auprès du propriétaire du réseau (ex : Enedis). Si la demande est acceptée il faudra alors se concerter avec celui-ci afin d'enfourir le réseau là où l'arbre ne sera pas gêné.

PRESENCE DE RESEAUX SOUTERRAINS

La distance entre réseaux enterrés et arbres ou végétaux doit respecter les dispositions de la norme NF P 98-332.

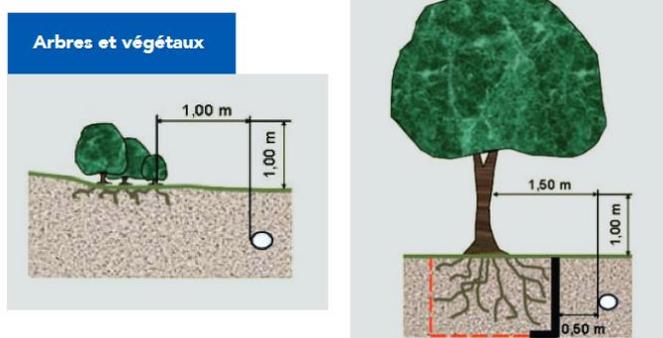


Figure 10 : Schéma de la distanciation entre un arbre et un réseau souterrain (ENEDIS, 2010)

Il est possible de planter en évitant le réseau souterrain sous condition de respecter la distance minimale indiquée sur le schéma ci-dessus. (Norme AFNOR NF P98-332).

Si ce n'est pas possible on peut planter plus près du réseau en suivant certaines conditions lorsqu'il n'y a pas d'autres solutions. Exemple : La ville de Nantes a rédigé un protocole de plantation en site opérationnel sensible (PESOS) qui permet de réduire les distances de plantation par rapport au réseau souterrain sous certaines conditions.

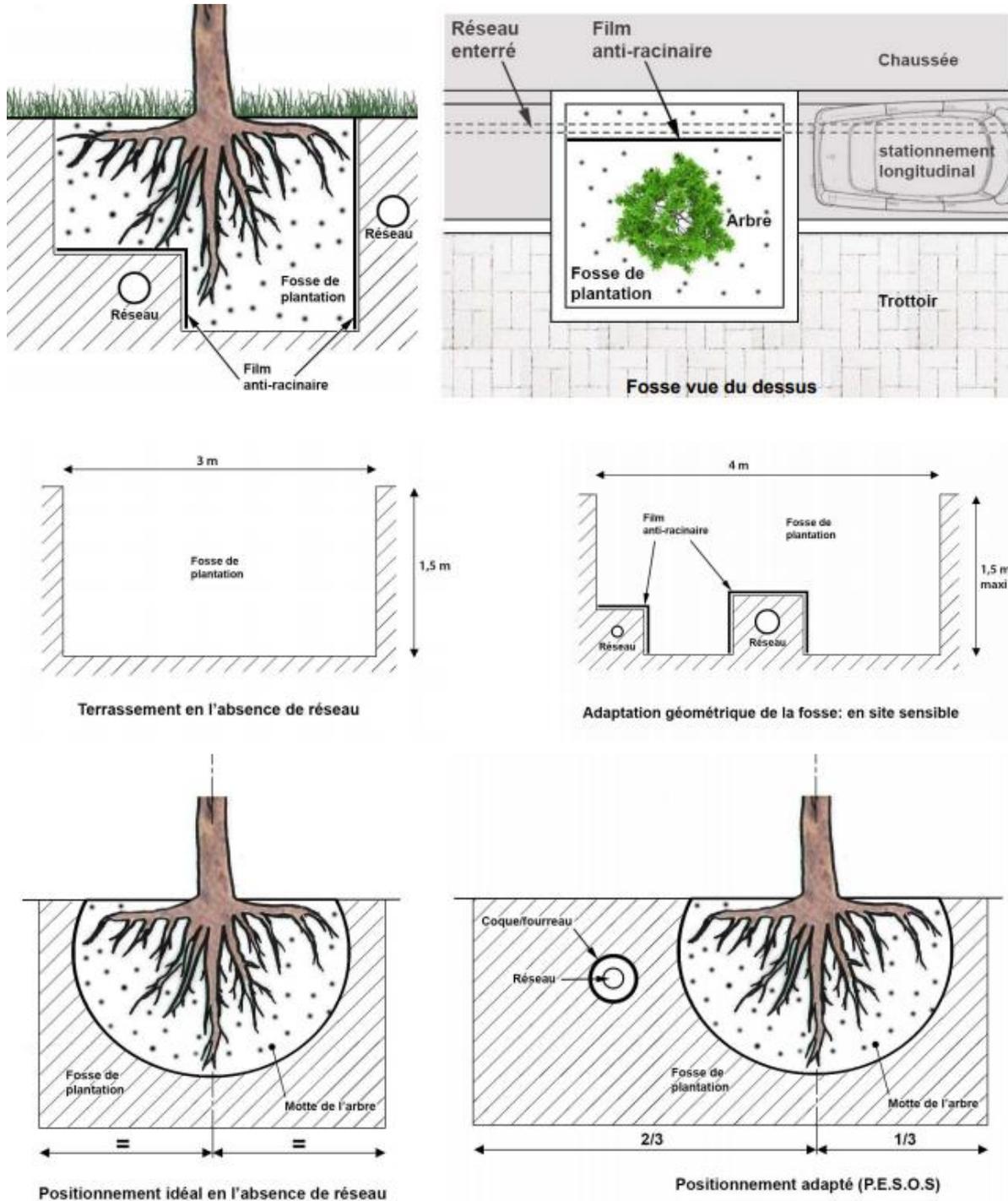


Figure 11 : Schémas des mesures du PESOS pour la plantation d'un arbre où se trouve un réseau souterrain. (source : Ville de Nantes, 2010)

Cette solution est possible à condition de respecter le volume de terre dédié à l'arbre (9m² à 16m²)

minimum selon la grandeur de l'arbre).

5 – CONFORMITE PMR / ESPACE DEDIE A L'ARBRE (SUPPRESSION DE PLACE DE PARKING, VOLUME MINIMUM DISPONIBLE)

Après toutes ces étapes, il faut désormais se pencher sur l'accessibilité piétonne et pour les personnes à mobilité réduite. Les cheminements doivent respecter 1,40m minimum de largeur libre de tout mobilier urbain. (Selon Lucie Bruyère,2014¹)

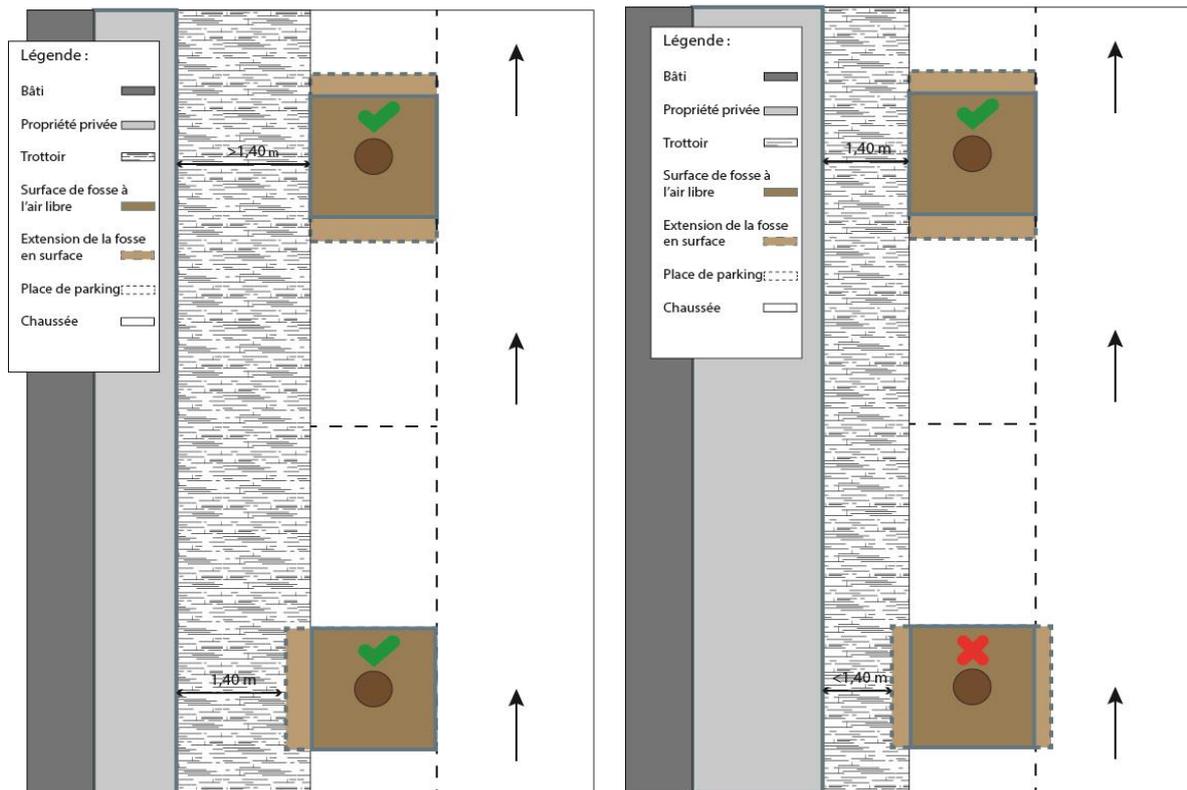


Figure 12 : Schémas de configuration d'une fosse selon la largeur du trottoir (Plantation sur chaussée et trottoir de grande largeur à gauche et plantation sur chaussée uniquement avec trottoir à largeur minimale). (M. Cornut,2021)

Dans la plupart des cas le trottoir mesure cette largeur minimale. Donc la fosse ne pourra pas s'étendre sur la chaussée et ne pourra pas dépasser sur le trottoir à la surface.

Volume de substrat minimum prescrit

Le volume de la fosse/tranchée minimum est prescrit par le livret Arbre du cahier des prescriptions générales de la ville de Rennes.

Tableau 1 Choix du type de tranchée ou fosse en fonction du milieu environnant (source : Livret B Arbre CPGE, 2008)

Choix du type de tranchée ou fosse en fonction du milieu environnant				
Ordre de préférence pour le choix de type de tranchée ou fosse	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e	4 ^e
Milieu environnant	Site 100 % minéral (empierrement, remblai)		Site artificiel fermé (paroi, sur dalle, fosse béton)	
Classification des arbres	Volume par arbre en mélange terre-pierre	Volume par arbre en terre végétale	Volume par arbre en mélange terre-pierre	Volume par arbre en terre végétale
Arbres à grand développement de 1 ^{ère} grandeur et à moyen développement de 2 ^e grandeur	12 m ³	8 m ³	24 m ³	16 m ³
Arbres à petit développement de 3 ^e grandeur	8 m ³	8 m ³	16 m ³	10 m ³
Arbrisseaux pour entrées de zones 30 ou espaces piétonniers		4 m ³		

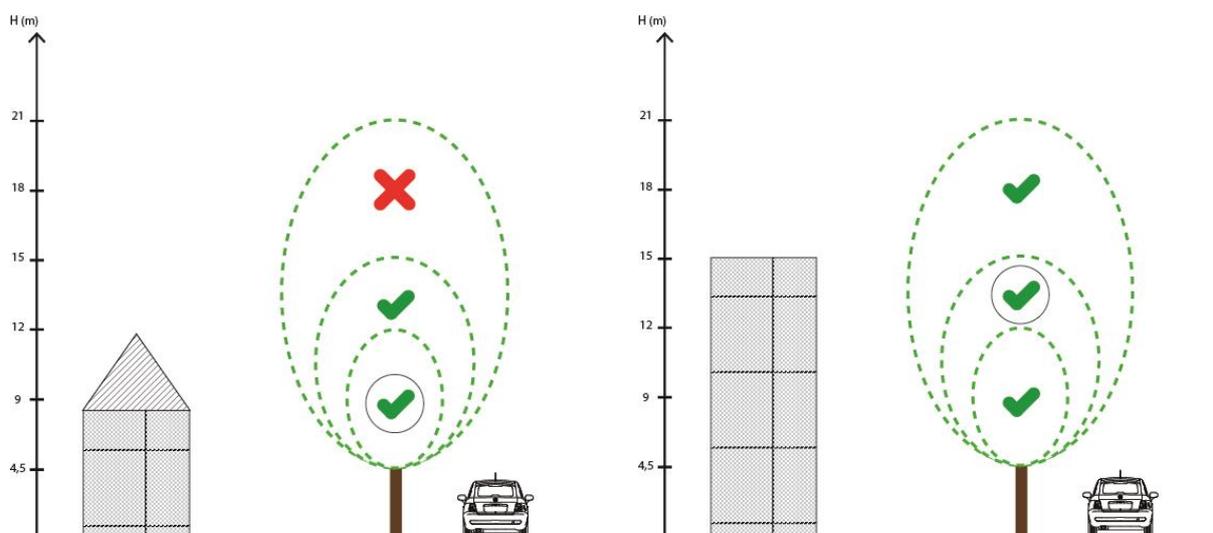
Il s'agit bien entendu de valeurs minimales, par conséquent il est conseillé d'apporter un volume supérieur si c'est possible pour favoriser la colonisation racinaire et par conséquent le développement de l'arbre.

Distance inter-arbre

De plus, le livret indique les distances à respecter entre les arbres plantés. Il faut planter à 10 mètres de distance pour des arbres de 1^{ère} grandeur, 8 mètres pour des arbres de 2^{nde} grandeur et 5 mètres pour des arbres de 3^{ème} grandeur.

6 – HAUTEUR DU FRONT BATI (ADAPTATION DE LA GRANDEUR D'ARBRE)

Dans le souci de respecter une certaine cohérence avec le front bâti les arbres ou arbustes plantés doivent avoir une hauteur environ égale à la hauteur des bâtiments alentours. Ainsi selon la nature des habitations (maison plain-pied ou a étage, R+2/+3/+4/+5, ...) les arbres plantés seront de 3^{ème}, 2^{ème} et ou 1^{ère} grandeur). Exception faite pour les rues de faible largeur mais dont le besoin en végétal est indispensable.



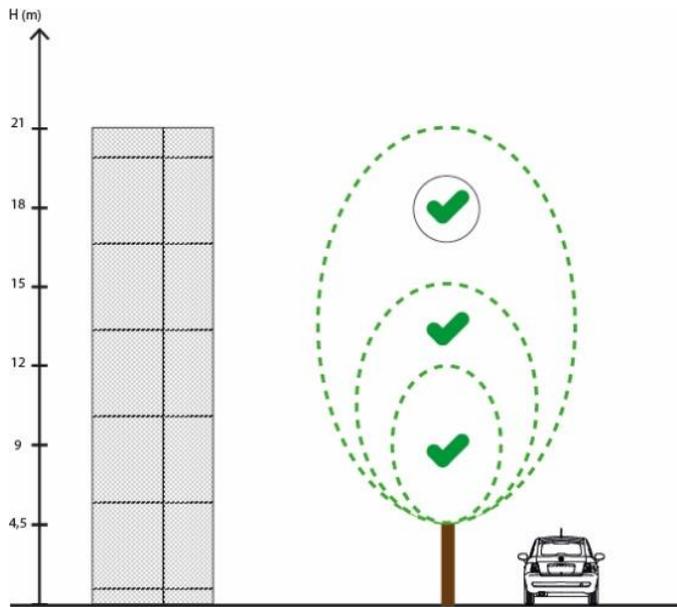


Figure 13 : Schémas de principes de plantations (3^{ème}, 2^{ème}, 1^{ère} grandeur) selon la hauteur du front bâti. (M. Cornut, 2021)

ETUDE DE CAS

Exemple – Quartier Fougères / Sévigné

Figure 14 : Plan de circulation du quartier



1^{ère} étape : Circulation à sens unique ?

- Ces rues ne possèdent absolument aucun arbre sur l'espace public en alignement ou en ornement.
- Toutes les rues sont déjà en circulation à sens unique, la **première condition** pour la plantation est donc **validée**.

Figure 15 : Plan de circulation du quartier avec la prise en compte du bâti.



2nd étape : Largeur de voirie suffisante ?

- Auparavant les rues étaient à double sens. Elles sont aujourd'hui à sens unique et le surplus de voirie a été transformé en places de parking.
- Chacune des rues mesure au moins les 12 mètres de largeur suffisants pour planter. La **seconde condition** est également **validée**.

Figure 16 : Réseau Enedis aérien



3^{ème} étape : Présence de réseaux aériens ?

- Toutes les rues présentent un réseau électrique aérien, il s'agit de câbles nus.
- Les câbles sont maintenus en l'air par de vieux poteaux en béton qui maintiennent également en l'air un réseau de câbles électriques aériens torsadés qui alimentent les lampadaires.

Remarque : Il faudra s'entretenir avec le service de voirie en charge de l'éclairage public ainsi qu'avec Enedis pour enterrer les deux réseaux en même temps avant toute opération de plantation. Avant de décider de la position où seront enterrés les réseaux, il faut passer à l'étape 4 pour observer la position actuelle des réseaux souterrains et faire au mieux pour laisser un maximum de place dans la mesure du possible pour les fosses de plantation. Si c'est impossible il faudra envisager de planter avec la méthode PESOS.

Figure 17 : Plan de répartition du quartier en zones pour l'analyse des réseaux souterrains.



4^{ème} étape : Présence de réseaux souterrains ?

-Il y a 4 réseaux souterrains différents enterrés du moins profond au plus profond dans l'ordre : Electricité, Gaz, Eau potable et Eaux usées.

-Le réseau souterrain électrique ne comprend qu'une toute petite portion de rue dans l'angle du carrefour entre les rues Pointeau de Ronceray et Duboys des

Sauzais (Ouest) et est présent au carrefour de la rue Honoré de Balzac et rue Ernest Renan (Est).

- Le réseau de gaz est celui qui nécessite le plus de précaution en raison de la dangerosité du fluide. Il longe la Rue Ernest Renan et Honoré de Balzac
- Le réseau d'eau potable est composé de canalisations allant de 10 à 80 cm de diamètre.
- Le réseau d'eaux usées comprend également les eaux de pluies et se déverse dans une canalisation commune.

Remarque : Avant toute conception il est important de contacter les gestionnaires des réseaux afin d'obtenir les informations sur la profondeur du réseau, son état actuel et la nécessité de rénovation à court ou long terme. Pour étudier les rues de plus près le quartier a été divisé en 4 zones, Nord-Ouest (N-1), Nord-Est (N-2), Sud-Ouest (S-1) et Sud-Est (S-2)

Figure 18 : Réseaux souterrains sur la zone N-1



Observations :

- Cette zone présente les 4 réseaux souterrains. Au niveau de la Rue Ernest Renan (la plus au Sud.)
- Le réseau d'électricité est très ponctuel au niveau du carrefour comme indiqué précédemment.
- Le réseau de gaz limite la possibilité de plantation d'arbres côté Sud de la Rue Ernest Renan. Il est éventuellement possible de planter ponctuellement côté nord de la rue si toutefois une distance de 3m minimum du réseau et de l'arbre est respectée.
- Les réseaux d'eaux potable et d'eaux usées situés au milieu de la chaussée ne poseront pas de problème avec la plantation d'arbres en bordure de voirie. Attention cependant à vérifier l'état actuel des canalisations avant toute opération et aux entrées et sorties de canalisation d'eau (potable et usée) vers les habitations.

Remarque : Il est préférable de savoir si les réseaux sont chemisés ou non et d'envisager une opération de chemisage au préalable de la plantation.

Figure 19 : Réseaux souterrains sur la zone N-2



Observations :

- Cette zone présente les 4 réseaux souterrains. Au niveau de la Rue Honoré de Balzac (la plus à l'Est.)
- Le réseau d'électricité est très ponctuel au niveau du carrefour entre Honoré de Balzac et Ernest Renan.
- Le réseau de gaz limite la possibilité de plantation d'arbres coté Est de la Rue Honoré de Balzac. Il est éventuellement possible de planter ponctuellement côté Ouest de la rue si toutefois une distance de 3m minimum du réseau et de l'arbre est respectée.
- Les réseaux d'eaux potable et d'eaux usées situés au milieu de la chaussée ne poseront pas de problème avec la plantation d'arbres en bordure de voirie. Attention cependant à vérifier l'état actuel des canalisations avant toute opération et aux entrées et sorties de canalisation d'eau (potable et usé) vers les habitations.

Remarque : Il est préférable de savoir si les réseaux sont chemisés ou non et d'envisager une opération de chemisage au préalable de la plantation.

Figure 20 : Réseaux souterrains sur la zone S-1



Observations :

- Cette zone présente les 4 réseaux souterrains. Au niveau de la Rue Ernest Renan (la plus au Nord.)
- Les réseaux d'eaux potable et d'eaux usées situés au milieu de la chaussée ne poseront pas de problème avec la plantation d'arbres en bordure de voirie.

Attention cependant à vérifier l'état actuel des canalisations avant toute opération et aux entrées et sorties de canalisation d'eau (potable et usée) vers les habitations.

Remarque : Il est préférable de savoir si les réseaux sont chemisés ou non et d'envisager une opération de chemisage au préalable de la plantation.

Figure 21 : Réseaux souterrains sur la zone S-2



Observations :

- Cette zone présente les 4 réseaux souterrains. Au niveau de la Rue Ernest Renan (la plus au Nord.)
- Le réseau de gaz limite la possibilité de d'arbres coté Est de la Rue Honoré de Balzac. Il est éventuellement possible de planter ponctuellement côté Ouest de la rue si toutefois une distance de 3m minimum du réseau et de l'arbre est respectée.
- Les réseaux d'eaux potable et d'eaux usées situés au milieu de la chaussée ne poseront pas de problème avec la plantation d'arbres en bordure de voirie. Attention cependant à vérifier l'état actuel des canalisations avant toute opération et aux entrées et sorties de canalisation d'eau (potable et usée) vers les habitations.

Remarque : Il est préférable de savoir si les réseaux sont chemisés ou non et d'envisager une opération de chemisage au préalable de la plantation.

Résumé de l'étape 4 : Les Rues Ernest Renan et Honoré de Balzac présentent 4 types de réseaux tandis que toutes les rues adjacentes du secteur ne présentent que les réseaux d'eau potable et d'eaux usées, avec exceptionnellement présence ponctuelle du réseau de gaz au niveau du carrefour avec la Rue Ernest Renan.



Figure 22 : Plan du quartier selon la configuration des rues.

Légende :

- Configuration 1 : Les places de parking ne réduisent pas la taille des trottoirs
- Configuration 2 : Les places de parking réduisent la taille des trottoirs

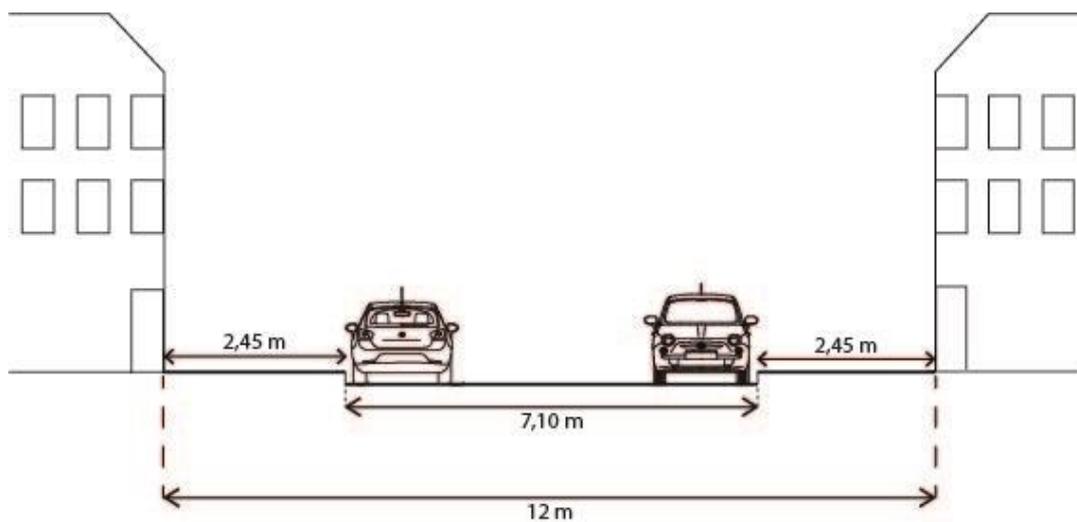


Figure 23 : Plan en coupe de la configuration 1 des rues du quartier (M. Cornut, 2020)

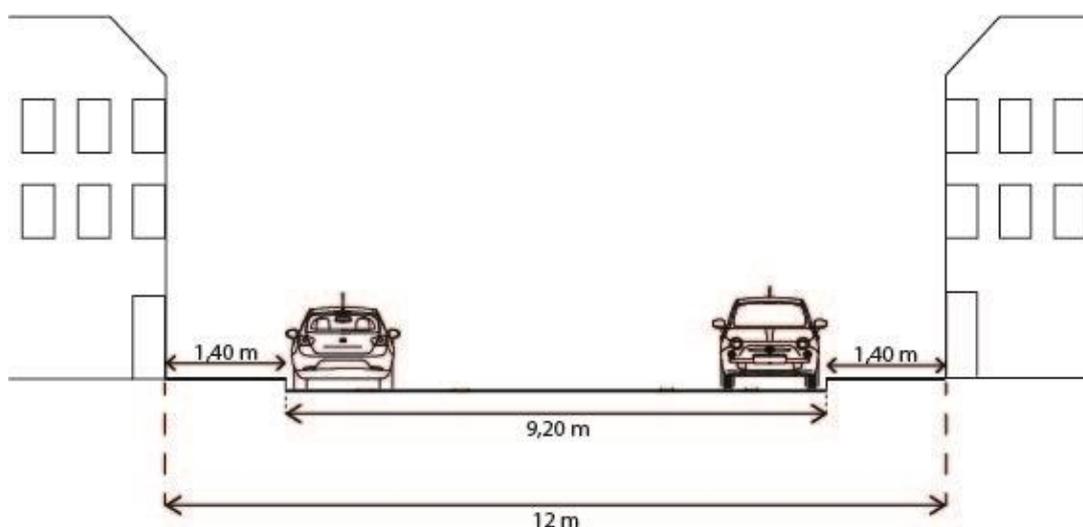


Figure 24 : Plan en coupe de la configuration 2 des rues du quartier (M. Cornut, 2020)

Observations :

- Toutes les rues du quartier font une largeur totale de 12 mètres
- Il y a deux configurations qui influencent la largeur de la chaussée et le trottoir.
- Les rues sont à sens unique pour les voitures et double sens pour les bicycles.
- Peu importe la configuration les trottoirs sont trop étroits pour qu'on y plante un arbre sans empiéter sur les places de parking.
- **L'étape 5 est donc validée** en considérant que les plantations seront faites sur l'espace libéré par les places de parking supprimées.

Remarque : Il y a un grand nombre de places de parking pour des habitations pavillonnaires et quelques habitats collectifs. En se concertant avec les habitants il serait possible de supprimer des places et les remplacer par des jardins de pluie (ilot végétal qui intègre le ruissellement des eaux de pluie). **Sachant que le système d'évacuation des eaux est commun pour les eaux de pluie et eaux usées.**

Etape (6) :

- Celle-ci se vérifie au cas par cas pour chaque rue. On peut planter en priorité au niveau des maisons reculées pour respecter dans la mesure du possible la distance entre l'habitation et l'arbre une fois planté puis arrivé à l'âge adulte (cf : Cahier des prescriptions générales – Livret Arbre).
- Si l'habitation n'est pas reculée il est possible de planter mais il faudra planter des essences de catégorie 2 ou 3 (moins d'emprise de houppier). Le houppier doit être à 5 mètres de distance des façades d'habitation.

Dernière étape (7) :

- Cette étape va déterminer la taille des arbres plantés.
- Seront plantées des essences qui ont une taille cohérente à la hauteur des bâtiments. Ou bien plus petits si la place dans l'espace aérien n'est pas suffisante.
- La catégorie de grandeur d'arbre choisie devra aussi être adaptée au volume de MTP disponible.

Si la voirie mesure 12 mètres ou moins, alors on pourra envisager une plantation d'arbre plus ou moins grand selon la place disponible. Il y aura plus de place disponible si une voirie en double sens est convertie en sens unique.

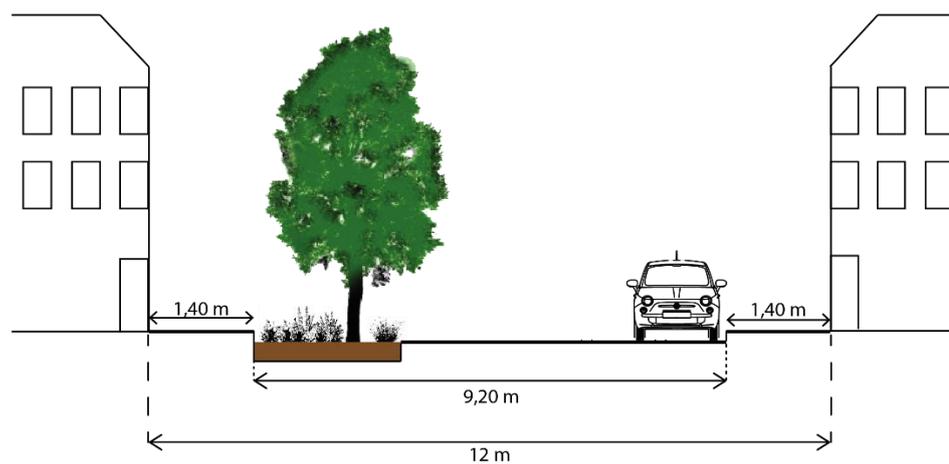
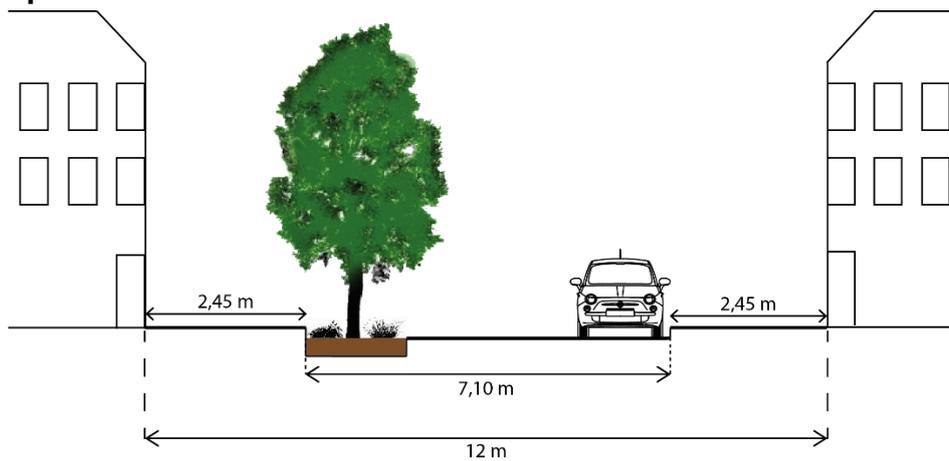


Figure 25 : Exemples de coupes avec plantation sur une voirie à sens unique

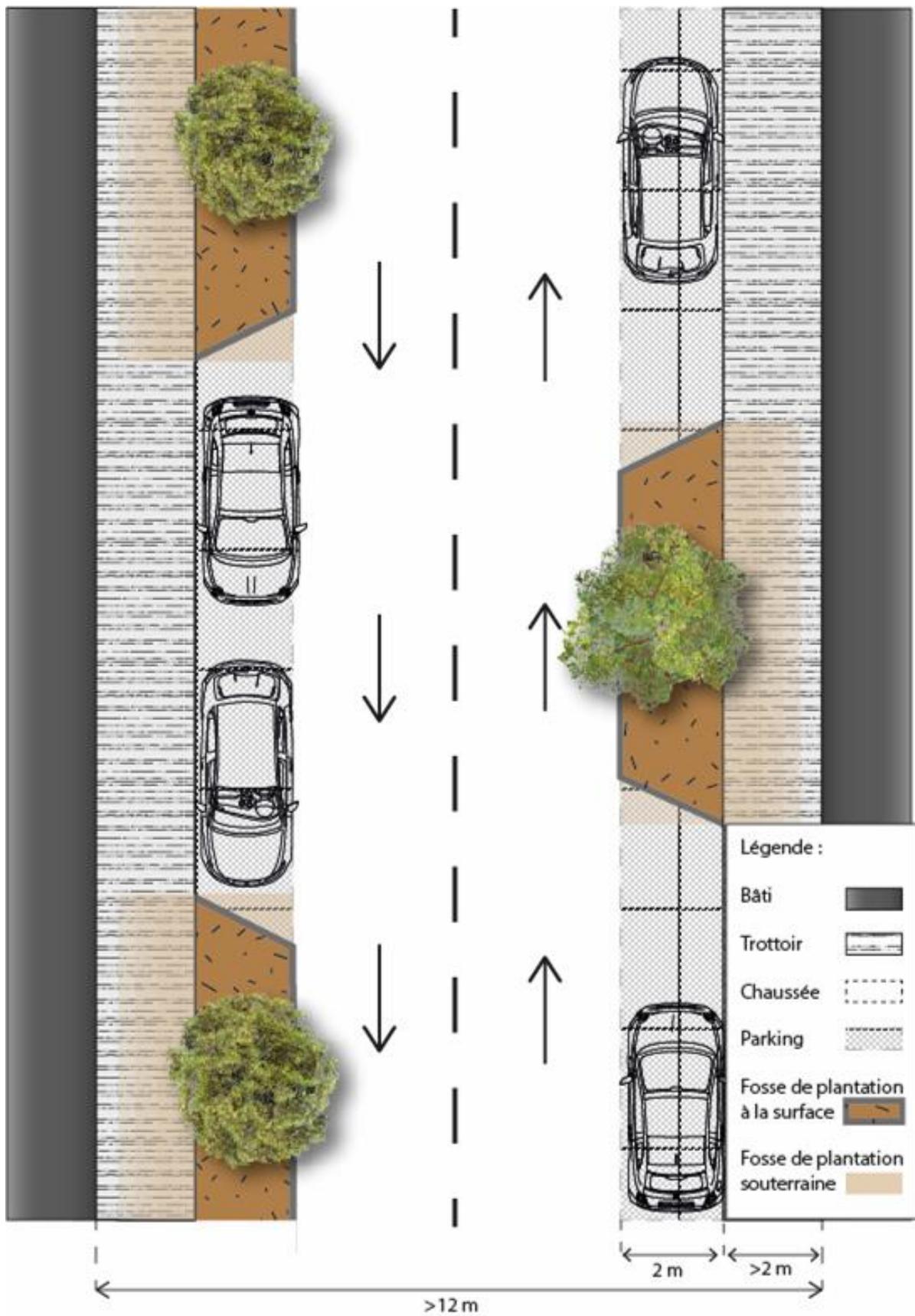


Figure 26 : Exemple de plan de voirie double sens avec extension de la fosse de plantation sous le trottoir. (M. Cornut, 2020)

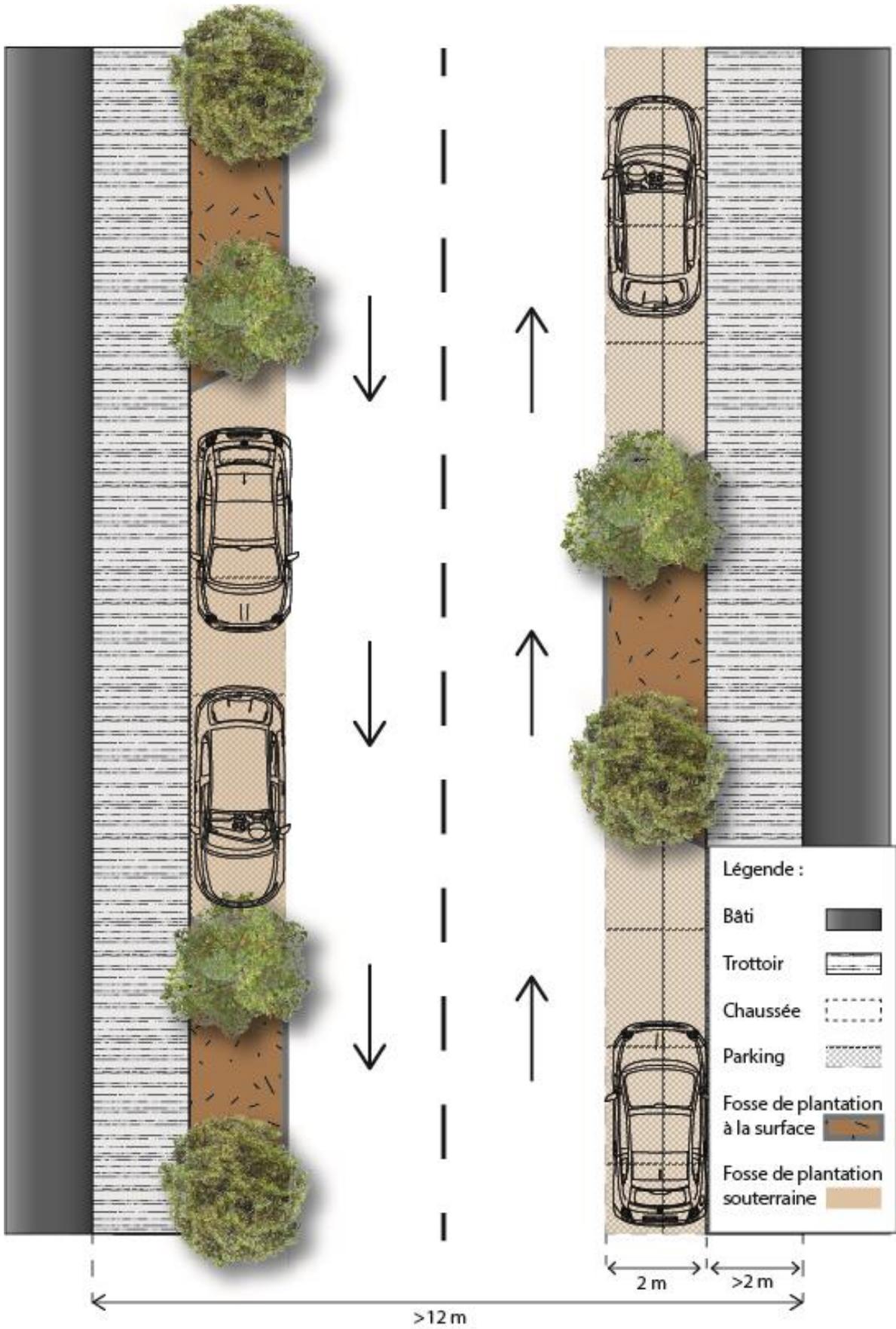


Figure 27 : Exemple de plan de voirie double sens avec extension de la fosse en tranchée sous les places de parking. (M. Cornut, 2020)

S'il s'agit d'une voirie à double sens avec plus de 12 mètres de largeur, on peut envisager plusieurs solutions afin de planter des arbres.

- La 1^{ère} (Figure 13) consiste à créer des fosses de plantation qui sont en partie sous le trottoir.
- La 2^{nde} (Figure 14) consiste à créer une tranchée en dessous des places de parking longitudinales et ouvrir cette tranchée à certains endroits pour planter des arbres et des végétaux au pied.

Les angles des zones de plantation sont adoucis afin de limiter les chocs avec les voitures qui pourraient se garer.

Tableau 2 : Quelques avantages et inconvénients des exemples d'aménagement de voirie proposés

Avantages	
Solution 1 (fig 26)	Solution 2 (fig 27)
<p>A la plantation Emprise au sol ajustée selon le besoin de l'arbre planté = Coût des travaux ajusté.</p> <p>Possibilité d'adapter l'extension de la fosse sous le trottoir si un réseau souterrain est à proximité. = Evite le dévoiement des réseaux Ou Chemisage des réseaux souterrains possible = Application du PESOS</p> <p>Autre Possibilité de capter les eaux de pluie comme sur la figure 15 - Zone tampon = ++ Possibilité de réalisation d'un seul côté de la voirie Applicable dans quasiment toutes les situations</p>	<p>A la plantation Possibilité de planter les arbres par deux pour qu'ils se développent en groupe en raison du plus grand volume de terre. (A condition qu'il y ait suffisamment de place pour chaque houppier) → Sinon 10, 8 ou 7 mètres de distance selon la grandeur de l'arbre</p> <p>Autre Ancrage racinaire principalement en longueur.</p> <p>Surface perméabilisée importante si couche de surface des places de parking perméable = Possibilité de capter un grand volume d'eau de pluie tout le long de la voirie - Zone tampon = +++</p> <p>Possibilité de réalisation d'un seul côté de la voirie</p>
Inconvénients	
Solution 1 (fig 26)	Solution 2 (fig 27)
<p>Si présence de réseaux souterrains sous les places de parking nécessite un dévoiement. - Coût = ++ Nécessité de drainage sous chaque fosse avec une liaison au conduit d'évacuation des eaux de pluie - Coût = +++</p> <p>Coût au mètre linéaire de réalisation des tranchées = +++</p>	<p>Si présence de réseaux souterrains sous les places de parking nécessite un dévoiement. - Coût = +++ Nécessité de drainage sous toute la tranchée - Coût = + Entretien pour maintenir la perméabilité du sol - Coût = +</p> <p>Coût au mètre linéaire de réalisation des tranchées = ++</p>

Annexe II Tableau récapitulatif des dimensions moyennes des 10 essences les plus présentes à Rennes selon leur catégorie d'âge. (JP. Lorho, DJB, 2021)

Ville de RENNES : DJB EXP/SG/JPL-MLP arbres d'accompagnement de voiries (alignements)												
Estimation moyenne des hauteurs et houppiers en mètres												
	18/20 (à la plantation)		5 ans après		10 ans après		20 ans après		50 ans après		croissance annuelle	
	Hauteur	diam houppier	Hauteur	diam houppier	Hauteur	diam houppier	Hauteur	diam houppier	Hauteur	diam houppier	Hauteur	largeur
tilia	3m	1,5	6	3	9	4,5	15	7,5	20	15	0,6	0,3
quercus	3m	1,5	5,5	2,75	8	4	13	6,5	25	15	0,5	0,25
fraxinus	3m	1,5	5,5	2,75	8	4	13	6,5	20	12	0,5	0,25
acer	3m	1,5	5,5	2,75	8	4	13	6,5	20	12	0,5	0,25
platanus	3m	1,5	6	3	9	4,5	15	7,5	25	18	0,6	0,3
pyrus	2,5m	1	4	1,75	5,5	2,5	8,5	3,25	10	4/5	0,3	0,15
gleditsia	3m	1,5	6	3	9	4,5	15	7,5	20	15	0,6	0,3
corylus	2,5m	1	4,5	2	6,5	3	10,5	5	16	8	0,4	0,2
robinia	3m	1,5	6	3	9	4,5	15	7,5	20	12	0,6	0,3
prunus	2,5m	1	4	1,75	5,5	2,5	8,5	4	8	6	0,3	0,15

Annexe III : Terrassement (source : Accord cadre de travaux : réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p6, Direction de la Voirie, Rennes métropole, 2021)

III - 7	Exécution de terrassements mécaniques, y compris dans des espaces contraints, y compris l'enlèvement de matériaux rocheux ou ouvrages béton (matériaux bitumineux, bordures, pavés béton...) ne nécessitant pas l'emploi du compresseur				
	Cette prestation comprend : – le terrassement proprement dit, – le tri des matériaux extraits – le chargement et l'éventuelle évacuation des matériaux à la décharge fournit par l'entreprise – le réglage soigné du fond de forme				

Page6

**REFECTION DE CHAUSSEES EN ENROBES, TRAVAUX D'ENTRETIEN ET
 D'AMELIORATION DE VOIRIE
 SUR LA VOIRIE METROPOLITAINE EN AGGLOMERATION
 PROGRAMME 2021 / 2025**

Lot 1 - plateforme Rennes

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	quantité	PRIX UNITAIRE EN € H.T.	PRIX TOTAL EN € H.T.
	– le compactage du fond de forme Ce prix s'applique au mètre cube mesuré en place et par tranche. Le mètre cube sera payé :				
III - 7 - 1	de 0 à 10 m3 : trente euros	m ³	500	30,00	15000,00
III - 7 - 2	au-delà de 10 m3 : vingt-cinq euros	m ³	4500	25,00	112500,00
III - 8	Exécution de terrassements manuels à la pelle et à la pioche				
	Cette prestation comprend : – le terrassement proprement dit, – le chargement et l'éventuelle évacuation des matériaux à la décharge fournit par l'entreprise aux frais de l'entreprise, – le réglage soigné du fond de forme – le compactage du fond de forme Ce prix s'applique au mètre cube mesuré en place. Le mètre cube sera payé : trente-deux euros soixante-dix cents				
		m ³	50	32,70	1635,00

Annexe IV : Fourniture et transport sur site du mélange terre-pierre (source : Accord cadre de travaux : réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p5, Direction de la Voirie, Rennes métropole, 2021)

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	quantité	PRIX UNITAIRE EN € H.T.	PRIX TOTAL EN € H.T.
III - 2	Transport et mise en place de terre végétale ou de mélange terre pierre				
	Cette prestation comprend : - le transport sur le chantier, - le mélange éventuel à effectuer entre terre du site et terre d'apport - la répartition de la terre végétale ou du mélange terre pierre sur le chantier, y compris toutes sujétions, Ces prix, qui tiennent compte du lieu de stockage de la terre végétale, s'appliquent au mètre cube mesure en place, Pour une reprise de terre végétale ou de mélange terre pierre sur site ou à proximité du site avec transport sur une distance inférieure à 500 m Le mètre cube sera payé : dix euros				
III - 2 - 1		m3	300	10,00	3000,00
III - 2 - 2	Pour une reprise de terre végétale ou de mélange terre pierre hors site Le mètre cube sera payé : dix-huit euros	m3	300	18,00	5400,00
III - 3	Fourniture de terre végétale				
	Cette prestation comprend : - les analyses de terre réalisées conformément au CCTP - la fourniture de la terre végétale sur le chantier, y compris toutes sujétions, Ce prix s'applique au mètre cube de matériaux mis en oeuvre Le Mètre Cube sera payé : vingt euros				
		m3	100,000	20,00	2000,00
III - 4	Fourniture et réalisation du mélange terre / pierre (35% Terre et 65% Pierre 20/40)				
	Cette prestation comprend : - la fourniture des matériaux du mélange (35% Terre et 65% Pierre) - les analyses de terre réalisées conformément au CCTP - la réalisation du mélange en dehors des fosses ou tranchées et la protection contre les eaux de toutes natures pendant l'exécution du mélange y compris toutes sujétions, Ce prix s'applique au mètre cube de matériaux mis en oeuvre, Le Mètre Cube sera payé : trente-cinq euros				
		m3	300,000	35,00	10500,00
III - 5	Fourniture et réalisation du mélange terre / pierre (60 % grave naturelle type 2/4, 25 % terre arable, 7,5 % d'un compost de bonne qualité et 7,5 % d'un sable roulé lavé).				
	Cette prestation comprend : - La fourniture, le transport et la mise en oeuvre d'un mélange terre pierre constitué d'une grave naturelle type 2/4 à raison de 60 %, de terre arable (exemple de produits phyto sanitaire et de racines) à raison de 25 %, d'un compost de bonne qualité à raison de 7,5 % et d'un sable roulé lavé à raison de 7,5 %. - les analyses de terre réalisées conformément au CCTP - la réalisation du mélange en dehors des fosses ou tranchées et la protection contre les eaux de toutes natures pendant l'exécution du mélange y compris toutes sujétions, Ce prix s'applique au mètre cube de matériaux mis en oeuvre, Le Mètre Cube sera payé : quarante euros				
		m3	300,000	40,00	12000,00

Annexe V : Bordereau de prix de fourniture et de pose de bordure granit 15x15 (source : Accord cadre de travaux : réfection de chaussées en enrobés, travaux d'entretien et d'amélioration de voirie sur la voirie métropolitaine en agglomération, p9-10, Direction de la Voirie, Rennes métropole, 2021)

VI - CONSTRUCTION D'OUVRAGES DE VOIRIE EN ELEMENTS DE GRANIT : BORDURES - CANIVEAUX - PAVAGES ET DALLAGES					
VI - 1	Fourniture de bordures granit droite 15 X 15 - flammée 2 faces, longueur entre 0,80 et 1,20 m, arête arrondie				
	Ce prix s'applique au mètre linéaire fourni				
	Le mètre linéaire sera payé : vingt-cinq euros cinquante cents	ml	0	25,50	0,00
VI - 2	Fourniture de bordure granit droite 15 x 25 - flammée 2 faces, longueur entre 0,80 et 1,20 m, arête arrondie				
	Ce prix s'applique au mètre linéaire fourni				
	Le mètre linéaire sera payé : trente-trois euros cinquante cents	ml	0	33,50	0,00
VI - 3	Fourniture de bordure granit droite 15 x 30 - flammée 3 faces, longueur entre 0,80 et 1,20 m, 2 arêtes arrondies				
	Ce prix s'applique au mètre linéaire fourni				
	Le mètre linéaire sera payé : quarante euros	ml	0	40,00	0,00
VI - 4	Fourniture de pavés granit 14x20x14, parfaitement parallépipédique rectangle, deux faces sciées et les 4 autres éclatées				
	L'unité sera payée: trois euros				
		u	0	3,00	0,00
VI - 5	Fourniture de pavés granit 10x10, deux faces sciées et les 4 autres éclatées				
	L'unité sera payée: un euro vingt cents				
		u	0	1,20	0,00
VI - 6	Fourniture de dalles granit				
	Le mètre carré sera payé: quatre-vingt-dix euros				
		m ²	0	90,00	0,00

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	UNITE	quantité	PRIX UNITAIRE EN € H.T.	PRIX TOTAL EN € H.T.
VI - 7	Pose suivant des alignements droits ou courbes de bordures droites 28x24 ou 15x35 ou 28x20 en granit sur fondation de béton de ciment de 0,10 m d'épaisseur				
	<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le transport des bordures, d'un dépôt municipal ou métropolitain vers le site des travaux ou d'un dépôt de l'entreprise vers le site des travaux en cas de fourniture des bordures par l'entreprise - le terrassement associé à la pose de la bordure - le réglage soigné du fond d'encaissement - la réalisation de la fondation en béton de ciment, dosé à 350kg/m3, sur 0,10m d'épaisseur ainsi que l'épaulement des bordures - les éventuelles coupes de bordures droites ou en onglets - la pose des bordures en alignement droit ou courbe - la réalisation entre bordures des joints au mortier, tirés au fer <p>y compris toutes sujétions</p> <p>Ce prix s'applique au mètre linéaire posé :</p> <p>Le mètre linéaire sera payé : trente euros</p>	ml	1500	30,00	45000,00
VI - 8	Pose suivant des alignements droits ou courbes de bordures droites 15x15,18x24, 20x25, 15x25 ou 28x15 en granit sur fondation de béton de ciment de 0,10 m d'épaisseur				
	<p>Cette prestation comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le transport des bordures, d'un dépôt municipal ou métropolitain vers le site des travaux ou d'un dépôt de l'entreprise vers le site des travaux en cas de fourniture des bordures par l'entreprise - le terrassement associé à la pose de la bordure - le réglage soigné du fond d'encaissement - la réalisation de la fondation en béton de ciment, dosé à 350kg/m3, sur 0,10m d'épaisseur ainsi que l'épaulement des bordures - les éventuelles coupes de bordures droites ou en angles - la pose des bordures en alignement droit ou courbe - la réalisation entre bordures des joints au mortier, tirés au fer <p>y compris toutes sujétions</p> <p>Ce prix s'applique au mètre linéaire de bordure posée :</p> <p>Le mètre linéaire sera payé : vingt-neuf euros</p>	ml	6000	29,00	174000,00
VI - 9	Plus-value aux prix n°s VI - 7 et VI - 8 pour pose de bordures sur fondation de béton de ciment, dosé à 350kg/m3, de 15 cm d'épaisseur				
	<p>Cette plus-value comprend:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la réalisation de la surépaisseur de 0,05m de fondation en béton de ciment, dosé à 350kg/m3 - le terrassement complémentaire associé à la pose de la bordure d'une épaisseur de 0,05m <p>Ce prix s'applique au mètre linéaire de bordure posée</p> <p>Le mètre linéaire sera payé : huit euros quatre-vingt-dix cents</p>	ml	1000	8,90	8900,00

Annexe VI : Tableau de calcul de score de faisabilité sur les voies témoins (M. Cornut, 2021).

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
52	N	10	0	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	-1
20	N	10	0	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	-0,5
51	N	10	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	-0,5
50	N	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	0
19	N	10	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	0,5
36	N	10	0	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	0,5
z	N	10	0	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	0,5
4	N	10	0	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	1
35	N	10	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	1
18	N	10	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	1,5
34	N	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	1,5
3	N	10	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	2
33	N	10	0	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	2
56	N	12	0,5	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	2
17	N	10	0	0	1	N	1	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	2,5
24	N	12	0,5	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	2,5
55	N	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	2,5
2	N	10	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	3
54	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	3
23	N	12	0,5	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	3,5
40	N	12	0,5	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	3,5
53	N	12	0,5	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	3,5
60	N	16	0,75	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	3,5
1	N	10	0	0	1	N	1	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	4
8	N	12	0,5	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
28	N	16	0,75	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	4
39	N	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
59	N	16	0,75	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	4

Annexe VI : Tableau de calcul de score de faisabilité sur les voies témoins (M. Cornut, 2021).

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
22	N	12	0,5	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	4,5
38	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
58	N	16	0,75	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	4,5
7	N	12	0,5	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5
27	N	16	0,75	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	5
37	N	12	0,5	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	5
44	N	16	0,75	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5
57	N	16	0,75	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	5
64	N	20	1	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	5
12	N	16	0,75	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5,5
21	N	12	0,5	0	1	N	1	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	5,5
32	N	20	1	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	5,5
43	N	16	0,75	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5,5
63	N	20	1	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	5,5
6	N	12	0,5	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6
26	N	16	0,75	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	6
42	N	16	0,75	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6
62	N	20	1	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	6
11	N	16	0,75	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6,5
31	N	20	1	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	6,5
41	N	16	0,75	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	6,5
48	N	20	1	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6,5
61	N	20	1	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	6,5
5	N	12	0,5	0	1	N	1	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	7
16	N	20	1	8	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
25	N	16	0,75	0	1	N	1	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	7
47	N	20	1	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
10	N	16	0,75	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7,5

Annexe VI : Tableau de calcul de score de faisabilité sur les voies témoins (M. Cornut, 2021).

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
30	N	20	1	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	O	1	O	1	O	7,5
46	N	20	1	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7,5
15	N	20	1	4	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	8
45	N	20	1	0	1	O	0,5	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	8
9	N	16	0,75	0	1	N	1	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	8,5
29	N	20	1	0	1	N	1	N	N	N	0	50	O	1	O	1	O	8,5
14	N	20	1	2	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	9
13	N	20	1	0	1	N	1	N	N	N	0	50	N	0	N	0	O	10

Annexe VII : Tableau de calcul de score de faisabilité sur les voies témoins (M. Cornut, 2021).

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménagée	Typologie de plantation (T/F)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Longueur théorique de dévoient / enfouissement (m)	Coût de dévoient / enfouissement total théorique (en euros)	Coût total estimé (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir de)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale /m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménagée	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final
15	N	8	300	30	F	228	6840	N	10	O	30	4650	11490	383	4	3	3	85	2,8	1	Vert	1	0,4
7	N	6	500	50	F	228	11400	N	10	O	50	7750	19150	383	4	5	3	142	2,8	1	Jaune	2,5	0,5
3	N	6	150	15	F	228	3420	N	10	O	15	2325	5745	383	4	2	3	42	2,8	1	Jaune	2,5	0,5
1	N	6	50	5	F	228	1140	N	10	O	5	775	1915	383	4	1	3	14	2,8	1	Jaune	2,5	0,5
11	N	8	50	5	F	228	1140	N	2	N	0	0	1140	228	2	1	3	14	2,8	1	Vert	1	0,6
19	N	8	1500	150	F	228	34200	N	4	N	0	0	34200	228	2	15	3	425	2,8	1	Vert	1	0,6
17	N	8	500	50	F	228	11400	N	4	N	0	0	11400	228	2	5	3	142	2,8	1	Vert	1	0,6
13	N	8	150	15	F	228	3420	N	2	N	0	0	3420	228	2	2	3	42	2,8	1	Vert	1	0,6
18	N	8	1000	100	F	228	22800	N	8	O	100	15500	38300	383	4	10	3	283	2,8	1	Orange	5	0,8
16	N	8	400	40	F	228	9120	N	8	O	40	6200	15320	383	4	4	3	113	2,8	1	Orange	5	0,8
14	N	8	200	20	F	228	4560	N	6	O	20	3100	7660	383	4	2	3	57	2,8	1	Orange	5	0,8
9	N	6	1500	150	F	228	34200	N	2	N	0	0	34200	228	2	15	3	425	2,8	1	Jaune	2,5	0,8
5	N	6	300	30	F	228	6840	N	2	N	0	0	6840	228	2	3	3	85	2,8	1	Jaune	2,5	0,8
28	N	10	1000	100	F	228	22800	N	10	O	100	15500	38300	383	4	13	2	629	6,3	2	Jaune	2,5	0,8
22	N	10	100	10	F	228	2280	N	6	O	10	1550	3830	383	4	1	2	63	6,3	2	Jaune	2,5	0,8
36	N	12	400	160	T	193	30880	N	10	O	160	24800	55680	348	3	20	2	1006	6,3	2	Vert	1	0,8
34	N	12	200	80	T	193	15440	N	8	O	80	12400	27840	348	3	10	2	503	6,3	2	Vert	1	0,8
32	N	12	100	40	T	193	7720	N	10	O	40	6200	13920	348	3	5	2	252	6,3	2	Vert	1	0,8
12	N	8	100	10	F	228	2280	N	4	N	0	0	2280	228	2	1	3	28	2,8	1	Orange	5	1,0
20	N	10	2000	200	F	228	45600	N	10	O	200	31000	76600	383	4	25	2	1258	6,3	2	Orange	5	1,0
39	N	12	1500	600	T	193	115800	N	8	O	600	93000	208800	348	3	75	2	3773	6,3	2	Orange	5	1,2
37	N	12	500	200	T	193	38600	N	6	O	200	31000	69600	348	3	25	2	1258	6,3	2	Orange	5	1,2

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménageable	Typologie de plantation (T/F)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Longueur théorique de dévoient / enfouissement (m)	Coût de dévoient / enfouissement total théorique (en euros)	Coût total estimé (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir de)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale / m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final
33	N	12	150	60	T	193	11580	N	6	O	60	9300	20880	348	3	8	2	377	6,3	2	Orange	5	1,2
10	N	6	2000	200	F	228	45600	N	6	O	200	31000	76600	383	4	20	3	566	2,8	1	Rouge	10	1,3
8	N	6	1000	100	F	228	22800	N	6	O	100	15500	38300	383	4	10	3	283	2,8	1	Rouge	10	1,3
6	N	6	400	40	F	228	9120	N	6	O	40	6200	15320	383	4	4	3	113	2,8	1	Rouge	10	1,3
2	N	6	100	10	F	228	2280	O	10	O	10	1550	3830	383	4	1	3	28	2,8	1	Rouge	10	1,3
26	N	10	400	40	F	228	9120	N	2	N	0	0	9120	228	2	5	2	252	6,3	2	Jaune	2,5	1,3
24	N	10	200	20	F	228	4560	N	2	N	0	0	4560	228	2	3	2	126	6,3	2	Jaune	2,5	1,3
80	N	22	2000	1000	T	193	193000	O	10	O	1000	155000	348000	348	3	143	1	25243	25,2	4	Vert	1	1,4
59	N	16	1500	600	T	193	115800	N	10	O	600	93000	208800	348	3	86	1	15146	25,2	4	Vert	1	1,4
99	N	24	1500	750	T	193	144750	O	10	O	750	116250	261000	348	3	107	1	18932	25,2	4	Vert	1	1,4
78	N	20	1000	500	T	193	96500	O	8	O	500	77500	174000	348	3	71	1	12621	25,2	4	Vert	1	1,4
57	N	16	500	200	T	193	38600	O	8	O	200	31000	69600	348	3	29	1	5049	25,2	4	Vert	1	1,4
97	N	24	500	250	T	193	48250	O	10	O	250	38750	87000	348	3	36	1	6311	25,2	4	Vert	1	1,4
76	N	20	400	200	T	193	38600	O	10	O	200	31000	69600	348	3	29	1	5049	25,2	4	Vert	1	1,4
55	N	16	300	120	T	193	23160	O	8	O	120	18600	41760	348	3	17	1	3029	25,2	4	Vert	1	1,4
95	N	24	300	150	T	193	28950	O	4	O	150	23250	52200	348	3	21	1	3786	25,2	4	Vert	1	1,4
74	N	20	200	100	T	193	19300	O	10	O	100	15500	34800	348	3	14	1	2524	25,2	4	Vert	1	1,4
53	N	16	150	60	T	193	11580	O	10	O	60	9300	20880	348	3	9	1	1515	25,2	4	Vert	1	1,4
93	N	24	150	75	T	193	14475	O	8	O	75	11625	26100	348	3	11	1	1893	25,2	4	Vert	1	1,4
72	N	20	100	50	T	193	9650	N	8	O	50	7750	17400	348	3	7	1	1262	25,2	4	Vert	1	1,4
51	N	16	50	20	T	193	3860	O	6	O	20	3100	6960	348	3	3	1	505	25,2	4	Vert	1	1,4
91	N	24	50	25	T	193	4825	N	6	O	25	3875	8700	348	3	4	1	631	25,2	4	Vert	1	1,4
4	N	6	200	20	F	228	4560	N	4	N	0	0	4560	228	2	2	3	57	2,8	1	Rouge	10	1,5
29	N	10	1500	150	F	228	34200	N	6	O	150	23250	57450	383	4	19	2	943	6,3	2	Rouge	10	1,5
27	N	10	500	50	F	228	11400	N	8	O	50	7750	19150	383	4	6	2	314	6,3	2	Rouge	10	1,5

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménageable	Typologie de plantation (T/F)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Longueur théorique de dévoient / enfouissement (m)	Coût de dévoient / enfouissement total théorique (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir de)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale /m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménagée	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final
25	N	10	300	30	F	228	6840	N	8	O	30	4650	11490	383	4	2	189	6,3	2	Rouge	10	1,5
23	N	10	150	15	F	228	3420	N	8	O	15	2325	5745	383	2	2	94	6,3	2	Rouge	10	1,5
21	N	10	50	5	F	228	1140	N	8	O	5	775	1915	383	1	2	31	6,3	2	Rouge	10	1,5
64	N	18	200	100	T	193	19300	N	10	O	100	15500	34800	348	3	14	2524	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
70	N	20	2000	1000	T	193	193000	N	8	O	1000	155000	348000	348	3	143	25243	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
49	N	14	1500	600	T	193	115800	O	4	O	600	93000	208800	348	3	86	15146	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
89	N	22	1500	750	T	193	144750	O	8	O	750	116250	261000	348	3	107	18932	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
47	N	14	500	200	T	193	38600	O	6	O	200	31000	69600	348	3	29	5049	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
87	N	22	500	250	T	193	48250	O	4	O	250	38750	87000	348	3	36	6311	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
66	N	18	400	200	T	193	38600	O	6	O	200	31000	69600	348	3	29	5049	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
45	N	14	300	120	T	193	23160	O	2	O	120	18600	41760	348	3	17	3029	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
85	N	22	300	150	T	193	28950	O	10	O	150	23250	52200	348	3	21	3786	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
43	N	14	150	60	T	193	11580	O	6	O	60	9300	20880	348	3	9	1515	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
83	N	22	150	75	T	193	14475	O	2	O	75	11625	26100	348	3	11	1893	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
41	N	14	50	20	T	193	3860	O	2	O	20	3100	6960	348	3	3	505	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
81	N	22	50	25	T	193	4825	O	8	O	25	3875	8700	348	3	4	631	25,2	4	Jaune	2,5	1,6
60	N	16	2000	800	T	193	154400	O	6	O	800	124000	278400	348	3	114	20194	25,2	4	Orange	5	1,8
90	N	24	2000	1000	T	193	193000	O	8	O	1000	155000	348000	348	3	143	25243	25,2	4	Orange	5	1,8
79	N	20	1500	750	T	193	144750	O	6	O	750	116250	261000	348	3	107	18932	25,2	4	Orange	5	1,8
58	N	16	1000	400	T	193	77200	O	10	O	400	62000	139200	348	3	57	10097	25,2	4	Orange	5	1,8

Dénomination	Rue plantée	Largueur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménageable	Typologie de plantation (T/F)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Longueur théorique et de dévoient / enfouissement (m)	Coût de dévoient / enfouissement total théorique (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir de)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale / m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final	
98	N	24	1000	500	T	193	96500	O	2	O	500	77500	174000	348	3	71	1	12621	25,2	4	Orange	5	1,8
77	N	20	500	250	T	193	48250	O	2	O	250	38750	87000	348	3	36	1	6311	25,2	4	Orange	5	1,8
96	N	24	400	200	T	193	38600	O	8	O	200	31000	69600	348	3	29	1	5049	25,2	4	Orange	5	1,8
75	N	20	300	150	T	193	28950	N	6	O	150	23250	52200	348	3	21	1	3786	25,2	4	Orange	5	1,8
54	N	16	200	80	T	193	15440	O	8	O	80	12400	27840	348	3	11	1	2019	25,2	4	Orange	5	1,8
94	N	24	200	100	T	193	19300	O	2	O	100	15500	34800	348	3	14	1	2524	25,2	4	Orange	5	1,8
73	N	20	150	75	T	193	14475	O	4	O	75	11625	26100	348	3	11	1	1893	25,2	4	Orange	5	1,8
52	N	16	100	40	T	193	7720	O	4	O	40	6200	13920	348	3	6	1	1010	25,2	4	Orange	5	1,8
92	N	24	100	50	T	193	9650	O	6	O	50	7750	17400	348	3	7	1	1262	25,2	4	Orange	5	1,8
71	N	20	50	25	T	193	4825	O	4	O	25	3875	8700	348	3	4	1	631	25,2	4	Orange	5	1,8
30	N	12	2000	800	T	193	154400	N	2	N	0	0	154400	193	1	100	2	5030	6,3	2	Vert	1	2,1
38	N	12	1000	400	T	193	77200	N	4	N	0	0	77200	193	1	50	2	2515	6,3	2	Vert	1	2,1
40	N	12	2000	800	T	193	154400	N	4	N	0	0	154400	193	1	100	2	5030	6,3	2	Jaune	2,5	2,3
50	N	16	2000	800	T	193	154400	O	4	O	800	124000	278400	348	3	114	1	20194	25,2	4	Rouge	10	2,3
100	N	24	2000	1000	T	193	193000	O	2	O	1000	155000	348000	348	3	143	1	25243	25,2	4	Rouge	10	2,3
69	N	18	1500	750	T	193	144750	O	2	O	750	116250	261000	348	3	107	1	18932	25,2	4	Rouge	10	2,3
48	N	14	1000	400	T	193	77200	O	6	O	400	62000	139200	348	3	57	1	10097	25,2	4	Rouge	10	2,3
88	N	22	1000	500	T	193	96500	O	4	O	500	77500	174000	348	3	71	1	12621	25,2	4	Rouge	10	2,3
46	N	14	400	160	T	193	30880	O	4	O	160	24800	55680	348	3	23	1	4039	25,2	4	Rouge	10	2,3
86	N	22	400	200	T	193	38600	O	2	O	200	31000	69600	348	3	29	1	5049	25,2	4	Rouge	10	2,3

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Longueur aménageable	Typologie de plantation (T/F)	Coût des travaux (par m)	Coût des travaux (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Longueur théorique de dévoient / enfouissement (m)	Coût de dévoient / enfouissement total théorique (en euros)	Coût total estimé (en euros)	Coût par rapport à la longueur voirie aménageable	Sct : Score de coût des travaux (à partir de)	Total d'arbres plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée (m²)	Score surface théorique totale /m voirie aménageable	Score de surface théorique de canopée / mètres de voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score final
65	N	18	300	150	T	193	28950	O	6	O	150	23250	52200	348	3	21	1	3786	25,2	4	Rouge	10	2,3
44	N	14	200	80	T	193	15440	O	4	O	80	12400	27840	348	3	11	1	2019	25,2	4	Rouge	10	2,3
84	N	22	200	100	T	193	19300	O	6	O	100	15500	34800	348	3	14	1	2524	25,2	4	Rouge	10	2,3
42	N	14	100	40	T	193	7720	O	8	O	40	6200	13920	348	3	6	1	1010	25,2	4	Rouge	10	2,3
82	N	22	100	50	T	193	9650	O	2	O	50	7750	17400	348	3	7	1	1262	25,2	4	Rouge	10	2,3
61	N	18	50	25	T	193	4825	O	10	O	25	3875	8700	348	3	4	1	631	25,2	4	Rouge	10	2,3
35	N	12	300	120	T	193	23160	N	4	N	0	0	23160	193	1	15	2	755	6,3	2	Orange	5	2,5
31	N	12	50	20	T	193	3860	N	4	N	0	0	3860	193	1	3	2	126	6,3	2	Orange	5	2,5
68	N	18	1000	500	T	193	96500	N	2	N	0	0	96500	193	1	71	1	12621	25,2	4	Jaune	2,5	4,3
62	N	18	100	50	T	193	9650	N	2	N	0	0	9650	193	1	7	1	1262	25,2	4	Jaune	2,5	4,3
56	N	16	400	160	T	193	30880	N	4	N	0	0	30880	193	1	23	1	4039	25,2	4	Orange	5	4,5
67	N	18	500	250	T	193	48250	N	2	N	0	0	48250	193	1	36	1	6311	25,2	4	Rouge	10	5,0
63	N	18	150	75	T	193	14475	N	4	N	0	0	14475	193	1	11	1	1893	25,2	4	Rouge	10	5,0

Annexe VIII : Tableau du calcul de score de faisabilité sur les voies du quartier Francisco Ferrer / Landry / Poterie (M. Cornut, 2021)

Dénomination	Type de voirie	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
Allée Romain Rolland	Linéaire	O	22	1	3	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	9
Rue Angèle Vannier	Linéaire	O	41	1	6	0,5	N	1	N	O	O	1	20	N	0	N	0	O	9
Rue Baudri De Bourgueil	Linéaire	O	20	1	5	0,5	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	8
Square Doyen Yves Milon	Linéaire	O	20	1	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	8
Boulevard Léon Grimault	Linéaire	O	30	1	6	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	8
Place du Ronceray	Ponctuel	O	80	1	6	0,5	N	1	O	O	N	0	20	N	0	N	0	O	8
Rue Frédéric Mistral	Linéaire	O	20	1	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	8
Allée de la Grande Treille	Linéaire	N	17	0,75	3	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7,5
Boulevard Paul Hutin Desgrées	Linéaire	O	25	1	6	0,5	N	1	N	O	N	0	50	N	0	O	1	O	7,5
Rue du Hoguet	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	7
Boulevard Franklin Roosevelt	Linéaire	O	20	1	14	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
Rue de Châteaugiron	Linéaire	O	20	1	7	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
Rue Louis Pétri	Linéaire	O	20	1	8	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	7
Rue Michel Gérard	Linéaire	O	20	1	8	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	7
Rue René Yves Creston	Linéaire	O	20	1	8	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	7
Rue Saint-Héliér	Linéaire	O	20	1	13	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
Boulevard Oscar Leroux	Linéaire	O	30	1	8	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
Rue du Bignon	Linéaire	O	35	1	11	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	7
Place Jean Gouriou	Ponctuel	O	16	0,75	4	0,5	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	6,5
Rue du Clos Simon	Linéaire	O	16	0,75	6	0,5	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	6,5
Rue Jean-Jacques Kérouédan	Linéaire	N	12	0,5	3	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	N	6
Rue Docteur Bellamy	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	6
Rue de la Frébardière	Linéaire	O	13	0,5	3	0,75	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6
Rue de Bel air	Linéaire	O	14,5	0,5	6	0,5	N	1	O	O	O	1	30	N	0	N	0	O	6
Rue du Breil	Linéaire	O	16	0,75	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	6
Boulevard Léon Bourgeois	Linéaire	O	20	1	8	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	O	1	O	6
Rue Blaise Pascal	Linéaire	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5,5
Rue du Noyer	Linéaire	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5,5
Rue Eugène Quessot	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5,5
Rue Marcel Callo	Linéaire	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5,5
Rue Marcel Planiol	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5,5
Rue Camille Pelletan	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	20	N	0	N	0	O	5,5
Rue Docteur Ferrand	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	5,5
Rue Keratry	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	5,5
Rue Louis Foucqueron	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	5,5
Rue Martin Feuillée	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	5,5
Allée du Lavais	Linéaire	O	17	0,75	8	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	5,5
Rue Louis Kerautret Botmel	Linéaire	O	18	0,75	7	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5,5
Chemin de Ronde	Linéaire	N	12	0,5	6	0,5	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5
Rue Abbé Henri Grégoire	Linéaire	N	12	0,5	7	0,25	N	1	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5
Rue du Pré du Bois	Linéaire	N	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5

Dénomination	Type de voirie	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
Rue Le Dantec	Linéaire	N	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	O	1	50	N	0	N	0	O	5
Boulevard Villebois-Mareuil	Linéaire	N	19	0,75	12	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	O	1	O	5
Rue Monsieur Vincent	Linéaire	O	12	0,5	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	5
Rue Jean François Millet	Linéaire	O	13	0,5	6	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	5
Rue Jean Monnet	Linéaire	O	15	0,5	6	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	5
Rue de Vern	Linéaire	O	17	0,75	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	O	1	N	0	O	5
Rue de la Sauvaie	Linéaire	O	18	0,75	7	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	5
Rue André Gide	Linéaire	O	12	0,5	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	5
Rue Émile Littré	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	N	1	N	O	N	0	30	O	1	N	0	N	5
Allée de la Guérisnière	Linéaire	N	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Albert Thomas	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue André Paillheret	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Boisgelin de Cucé	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Carle Bahon	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue de la 87ème Division Territoriale	Linéaire	N	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Docteur Calmette	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Henri Collignon	Linéaire	N	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Henri Mabile	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue La Pérouse	Linéaire	N	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Madame du Campfranc	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Michel Colomb	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Paul Bourget	Linéaire	N	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Louis Coquillet	Linéaire	N	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	N	4,5
Rue Alexandre Ribot	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue de la Hatterie	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue des Veyettes	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue Édouard Le Deuff	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	O	0,5	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Eugène Quinton	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Francisco Ferrer	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Jean Delourmel	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Marc Sangnier	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Mathurin Méheut	Linéaire	O	12	0,5	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Pierre Le Tullier	Linéaire	O	12	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Ronsard	Linéaire	O	12	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue de la Poterie	Linéaire	O	13	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Léon Mury	Linéaire	O	14	0,5	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue Pierre Semard	Linéaire	O	14	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4,5
Rue de la Tremblaie	Linéaire	O	15	0,5	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4,5
Rue du Pré Garel	Linéaire	N	6	0	3	0,75	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	4
Rue Gérard Philipe	Linéaire	N	8	0	1	0,75	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	4
Rue Adolphe Leray (coté impair)	Linéaire	N	12	0,5	6	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Rue Camille Saint-Saëns	Linéaire	N	12	0,5	11	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Rue Christian Bernon	Linéaire	N	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Rue de l'Abreuvoir	Linéaire	N	12	0,5	5	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4

Dénomination	Type de voirie	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
Rue Louis Bossière	Linéaire	N	12	0,5	5	0,5	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Rue Paul Langevin	Linéaire	O	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Rue Rapatel	Linéaire	O	12	0,5	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Square du Sétif	Linéaire	O	12	0,5	8	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Avenue du Haut Sancé	Linéaire	O	13	0,5	9	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Rue des Conrois	Linéaire	O	13	0,5	8	0,25	N	1	O	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Avenue de Cork	Linéaire	O	14	0,5	9	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Rue Arthur Fontaine	Linéaire	O	14	0,5	7	0,25	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	4
Square Ludovic Trarieux	Linéaire	O	14	0,5	8	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	4
Avenue Monseigneur Mouezy	Linéaire	O	15	0,5	7	0,25	N	1	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	4
Rue Montaigne	Linéaire	N	12	0,5	7	0,25	O	0,5	N	O	N	0	50	N	0	N	0	O	3,5
Allée des Violettes	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Allée Edith Piaf	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Allée Flora Tristan	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Allée Jacques Brel	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Rue du Plateau Dogon	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Rue Jean Jaffres	Linéaire	N	8	0	3	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	3
Rue de Piré	Linéaire	N	8,5	0	5	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Allée René Piquel	Linéaire	N	3,5	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	3
Allée André-Marie Talvas	Linéaire	N	6	0	1	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	3
Allée Frédéric Saulnier	Linéaire	N	6	0	0	1	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	N	3
Allée Adèle de Bretagne	Linéaire	N	7	0	3	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	3
Allée Jean Sébastien Bach	Linéaire	O	8	0	4	0,5	N	1	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	3
Square René Pleven	Linéaire	O	8	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	3
Domaine d'activités de la Poterie	Linéaire	O	5	0	2	0,75	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	3
Rue de la Serpette	Linéaire	N	8	0	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Rue Gounod	Linéaire	N	8	0	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Allée Lulli	Linéaire	N	8,5	0	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Rue de Vouziers	Linéaire	N	8,5	0	2	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Rue Ernest Chéreau	Linéaire	N	10	0	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Rue Jacques Offenbach	Linéaire	N	10	0	3	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Rue Massenet	Linéaire	N	10	0	3	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2,5
Allée Marcel Planiol	Linéaire	N	8	0	3	0,75	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	N	2,5
Rue Célestin Picoux	Linéaire	O	10	0	1	0,75	O	0,5	N	O	O	1	20	N	0	N	0	O	2,5
Allée Charles d'Espinay	Linéaire	N	4	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Allée Pierre Galle	Linéaire	N	6	0	6	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Rue Pierre Roy	Linéaire	N	6	0	6	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Rue Sous-Lieutenant Pochard	Linéaire	N	6	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Avenue Georges-Henri Rivière	Linéaire	N	10	0	6	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Rue Frère Salomon	Linéaire	N	5	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	2
Rue Auguste Pavie	Linéaire	N	7	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	N	2
Allée Henri Gardarein Freydet	Linéaire	N	8	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	2
Allée Valentin Guillem	Linéaire	O	6	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	2

Dénomination	Type de voirie	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voie publique	Score de faisabilité
Rue Paul Le Flem	Linéaire	O	6	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Allée François Jouannet	Linéaire	O	8	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Allée de Finlande	Linéaire	O	10	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Allée de la Bourgonette	Linéaire	O	10	0	4	0,5	O	0,5	N	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2
Allée du Danemark	Linéaire	O	10	0	4	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Rue Jean Le Rond D'Alembert	Linéaire	O	10	0	5	0,5	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Rue Louis Gohier	Linéaire	O	10	0	9	0,25	N	1	O	O	O	1	30	N	0	N	0	O	2
Rue Maurice Hay	Linéaire	O	10	0	6	0,5	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Square Louis Massignon	Linéaire	O	10	0	6	0,5	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Square Professeur Louis Antoine	Linéaire	O	10	0	5	0,5	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	2
Allée du Landry	Linéaire	N	6	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Allée Maurice Ravel	Linéaire	N	6	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Allée Beethoven	Linéaire	N	7	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue de Belleville	Linéaire	N	9	0	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue Henri Bougeard	Linéaire	N	10	0	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue Oradour sur Glane	Linéaire	N	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue Rossini	Linéaire	N	10	0	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue Tristan Corbière	Linéaire	N	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Allée Roger Le Poulennec	Linéaire	N	5	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Allée Auguste Pavie	Linéaire	N	6	0	3	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Allée de Kerguelen	Linéaire	N	6	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Allée Mozart	Linéaire	N	6	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Allée René Perrault	Linéaire	N	6	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Rue Louis Garin	Linéaire	N	9	0	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1,5
Rue Jacques Tarrière	Linéaire	O	8	0	1	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Rue des Frères Normand	Linéaire	O	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	1,5
Rue Joseph Pontallie	Linéaire	O	10	0	2	0,75	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1,5
Allée Jacques Collebaud dit Jachet de Mantoue	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Allée Jean de Coatanlem	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Allée Jean-Jacques Audubon	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Allée Saint-Colomban	Linéaire	N	6	0	8	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Rue René Madec	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Allée Charles Vanel	Linéaire	N	8	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Rue de la Motte Baril	Linéaire	N	10	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Rue Marcel Ponnavoy	Linéaire	N	10	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Allée de la Prairie Neuve	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1
Allée du Verger Thébault	Linéaire	N	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1
Allée Chanoine Louis Raison	Linéaire	N	7	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1
Allée Claude Debussy	Linéaire	N	7	0	4	0,5	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1
Allée des Matelouères	Linéaire	N	10	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	1
Square Anne-Marie Tanguy	Linéaire	O	6	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	1
Rue Lieutenant Colonel Constant Allain	Linéaire	O	8	0	7	0,25	N	1	O	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1

Dénomination	Type de voirie	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Score Lv	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Score Nrs	Présence de réseau aérien (Ra)	Score Ra	Présence de réseaux de gaz	Présence de réseaux d'eaux usées / de ruissellement / unitaires	Possibilité de conversion en voirie à sens unique (Csu)	Score Csu	Régime de circulation (km/h)	Couloir autobus propre	Score Cbus	Piste cyclable distincte de la chaussée	Score Pcy	Voirie publique	Score de faisabilité
Square Marcel Bozzuffi	Linéaire	O	8	0	7	0,25	N	1	N	O	N	0	30	N	0	N	0	O	1
Square Louis Armand	Linéaire	O	9	0	5	0,5	O	0,5	O	O	N	0	20	N	0	N	0	O	1
Rue Victor Schoelcher	Linéaire	O	10	0	9	0,25	N	1	N	O	N	0	20	N	0	N	0	O	1
Allée Jean-Philippe Rameau	Linéaire	N	6	0	7	0,25	O	0,5	N	O	N	0	30	N	0	N	0	N	0,5

Annexe IX : Tableau de calcul de score d'efficacité sur des voies témoins (M. Cornut, 2021).

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoient /enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale /m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Allée Romain Rolland	O	22	150	75	T	193	14475	N	3	N	0	14475	193	1	11	1	1893,2	25,2	4,00	Vert	1	5,0	9
Rue Angèle Vannier	O	41	180	90	T	193	17370	N	6	O	23400	40770	453	4	13	1	2271,9	25,2	4,00	Vert - Vert foncé	1	2,0	9
Square Doyen Yves Milon	O	20	150	75	T	193	14475	N	4	N	0	14475	193	1	11	1	1893,2	25,2	4,00	Vert	1	5,0	8
Boulevard Léon Grimault	O	30	930	465	T	193	89745	N	6	O	120900	210645	453	4	66	1	11737,9	25,2	4,00	Vert - Vert foncé	1	2,0	8
Place du Ronceray	O	80	420	210	T	193	40530	N	6	O	54600	95130	453	4	30	1	5301,0	25,2	4,00	Vert	1	2,0	8
Rue de Châteaugiron	O	20	2680	1340	T	193	258620	N	7	O	348400	607020	453	4	191	1	33825,4	25,2	4,00	Jaune	2,5	1,4	8
Allée de la Grande Treille	N	17	160	64	T	193	12352	N	3	N	0	12352	193	1	9	1	1615,5	25,2	4,00	Vert - Vert Foncé	1	5,0	7,5
Boulevard Paul Hutin Desgrées	O	25	750	375	T	193	72375	N	6	O	97500	169875	453	4	54	1	9466,1	25,2	4,00	Vert	1	2,0	7,5
Rue de la Sauvaie	O	18	300	150	T	193	28950	O	7	O	39000	67950	453	4	21	1	3786,4	25,2	4,00	Vert - Vert foncé	1	2,0	7
Rue Michel Gérard	O	20	1500	750	T	193	144750	N	8	O	195000	339750	453	4	107	1	18932,1	25,2	4,00	Vert - Vert foncé	1	2,0	7
Rue René Yves Creston	O	20	440	220	T	193	42460	N	8	O	57200	99660	453	4	31	1	5553,4	25,2	4,00	Vert	1	2,0	7

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoiment / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoiment/enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale /m linéaire aménageable	Score surface théorique/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Boulevard Oscar Leroux	O	30	970	485	T	193	93605	N	8	O	126100	219705	453	4	69	1	12242,8	25,2	4,00	Vert - Vert foncé	1	2,0	7
Rue du Bignon	O	35	960	480	T	193	92640	N	11	O	124800	217440	453	4	69	1	12116,6	25,2	4,00	Vert - Vert Foncé	1	2,0	7
Boulevard Franklin Roosevelt	O	20	480	240	T	193	46320	N	14	O	62400	108720	453	4	34	1	6058,3	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	7
Boulevard Léon Bourgeois	O	20	480	240	T	193	46320	O	8	O	62400	108720	453	4	34	1	6058,3	25,2	4,00	Orange - Vert	2,5	1,4	7
Rue Louis Pétri	O	20	440	220	T	193	42460	N	8	O	57200	99660	453	4	31	1	5553,4	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	7
Rue Docteur Ferrand	O	12	405	162	T	193	31266	O	2	O	42120	73386	453	4	20	2	1018,6	6,3	2,00	Rouge - Vert	5	0,7	7
Rue du Clos Simon	O	16	255	102	T	193	19686	N	6	O	26520	46206	453	4	15	1	2574,8	25,2	4,00	Vert foncé	1	2,0	6,5
Rue Jean Monnet	O	15	85	34	T	193	6562	N	6	O	8840	15402	453	4	5	1	858,3	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	6,5
Rue Baudri De Bourgueil	O	14	185	74	T	193	14282	N	5	N	0	14282	193	1	11	1	1868,0	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	4,4	6
Rue du Breil	O	16	750	300	T	193	57900	O	3	O	78000	135900	453	4	43	1	7572,9	25,2	4,00	Vert - Vert Foncé	1	2,0	6
Rue Saint-Héliier	O	20	1230	615	T	193	118695	N	13	O	159900	278595	453	4	88	1	15524,4	25,2	4,00	Rouge - Jaune	5	1,2	6
Rue de la Poterie	O	13	890	356	T	193	68708	O	2	O	92560	161268	453	4	45	2	2238,4	6,3	2,00	Orange - Vert	2,5	0,9	6
Rue Camille Pelletan	O	12	210	84	T	193	16212	O	2	O	21840	38052	453	4	11	2	528,2	6,3	2,00	Orange - Jaune	5	0,7	6
Place Jean Gouriou	O	16	80	32	T	193	6176	N	4	N	0	6176	193	1	5	1	807,8	25,2	4,00	Vert foncé	1	5,0	5,5
Rue Louis Kerautret Botmel	O	18	480	240	T	193	46320	N	7	O	62400	108720	453	4	34	1	6058,3	25,2	4,00	Jaune	2,5	1,4	5,5
Rue Louis Bossière	N	12	270	108	T	193	20844	O	5	O	28080	48924	453	4	14	2	679,1	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	5,5
Rue Marcel Callo	N	12	150	60	T	193	11580	O	2	O	15600	27180	453	4	8	2	377,3	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	5,5
Rue Louis Foucqueron	O	12	120	48	T	193	9264	O	1	O	12480	21744	453	4	6	2	301,8	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	5,5
Rue Édouard Le Deuff	O	12	130	52	T	193	10036	O	3	O	13520	23556	453	4	7	2	327,0	6,3	2,00	Jaune	2,5	0,9	5,5
Rue Mathurin Meheut	O	12	320	128	T	193	24704	O	3	O	33280	57984	453	4	16	2	804,8	6,3	2,00	Orange - Vert	2,5	0,9	5,5
Rue Docteur Calmette	N	12	200	80	T	193	15440	O	1	O	20800	36240	453	4	10	2	503,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	5,5

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoiment / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoiment/enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale /m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Rue du Pré du Bois	N	12	445	178	T	193	34354	O	4	O	46280	80634	453	4	22	2	1119,2	6,3	2,00	Orange	5	0,7	5,5
Rue des Veyettes	O	12	940	376	T	193	72568	O	3	O	97760	170328	453	4	47	2	2364,1	6,3	2,00	Orange - Jaune	5	0,7	5,5
Rue Michel Colomb	N	12	300	120	T	193	23160	O	1	O	31200	54360	453	4	15	2	754,5	6,3	2,00	Rouge	10	0,6	5,5
Rue Keratry	O	12	230	92	T	193	17756	O	1	O	23920	41676	453	4	12	2	578,5	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	5,5
Rue de la Frébardière	O	13	450	180	T	193	34740	N	3	N	0	34740	193	1	23	2	1131,8	6,3	2,00	Vert	1	3,0	5
Allée du Lavais	O	17	165	66	T	193	12738	N	8	O	17160	29898	453	4	9	1	1666,0	25,2	4,00	Vert	1	2,0	5
Square du Sétif	O	12	190	76	T	193	14668	N	8	O	19760	34428	453	4	10	2	477,9	6,3	2,00	Vert	1	1,5	5
Rue de la Tremblaie	O	15	300	120	T	193	23160	O	2	O	31200	54360	453	4	17	1	3029,1	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	5
Boulevard Villebois-Mareuil	N	19	1230	615	T	193	118695	N	16	O	159900	278595	453	4	88	1	15524,4	25,2	4,00	Rouge - Vert	5	1,2	5
Rue de Vern	O	17	2450	490	T	193	94570	O	3	O	127400	221970	453	4	70	1	12369,0	25,2	4,00	Orange	5	1,2	5
Rue du Noyer	N	12	490	196	T	193	37828	O	2	O	50960	88788	453	4	25	2	1232,4	6,3	2,00	Orange	5	0,7	5
Rue Montaigne	N	12	235	94	T	193	18142	O	7	O	24440	42582	453	4	12	2	591,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	5
Rue Adolphe Leray	N	12	730	292	T	193	56356	O	6	O	75920	132276	453	4	37	2	1836,0	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	5
Rue Henri Collignon	N	12	75	30	T	193	5790	O	3	O	7800	13590	453	4	4	2	188,6	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	5
Rue du Hoguet	O	12	160	64	T	193	12352	N	3	N	0	12352	193	1	8	2	402,4	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	2,4	4,5
Avenue de Cork	O	14	775	310	T	193	59830	N	9	O	80600	140430	453	4	44	1	7825,3	25,2	4,00	Vert	1	2,0	4,5
Chemin de Ronde	N	12	150	60	T	193	11580	O	6	O	15600	27180	453	4	8	2	377,3	6,3	2,00	Vert	1	1,5	4,5
Rue de l'Abreuvoir	N	12	80	32	T	193	6176	O	5	O	8320	14496	453	4	4	2	201,2	6,3	2,00	Vert	1	1,5	4,5
Rue Paul Langevin	O	12	440	176	T	193	33968	O	4	O	45760	79728	453	4	22	2	1106,6	6,3	2,00	Vert	1	1,5	4,5
Avenue du Haut Sancé	O	13	700	280	T	193	54040	N	9	O	72800	126840	453	4	35	2	1760,5	6,3	2,00	Vert - Vert foncé	1	1,5	4,5
Rue Léon Mury	O	14	60	24	T	193	4632	O	1	O	6240	10872	453	4	3	1	605,8	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	4,5
Avenue Monseigneur Moezy	O	15	490	196	T	193	37828	N	7	O	50960	88788	453	4	28	1	4947,6	25,2	4,00	Jaune - Vert	2,5	1,4	4,5
Rue de la 87ème Division Territoriale	N	12	685	274	T	193	52882	O	3	O	71240	124122	453	4	34	2	1722,8	6,3	2,00	Orange - Vert	2,5	0,9	4,5
Rue Marc Sangnier	O	12	490	196	T	193	37828	O	3	O	50960	88788	453	4	25	2	1232,4	6,3	2,00	Jaune	2,5	0,9	4,5
Rue Pierre Le Tullier	O	12	150	60	T	193	11580	O	1	O	15600	27180	453	4	8	2	377,3	6,3	2,00	Orange - Vert	2,5	0,9	4,5
Rue Albert Thomas	N	12	380	152	T	193	29336	O	1	O	39520	68856	453	4	19	2	955,7	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Boisgelin de Cucé	N	12	150	60	T	193	11580	O	1	O	15600	27180	453	4	8	2	377,3	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoiment / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoiment/enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale / m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Rue Christian Bernon	N	12	370	148	T	193	28564	O	4	O	38480	67044	453	4	19	2	930,6	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Eugène Quesnot	N	12	200	80	T	193	15440	O	1	O	20800	36240	453	4	10	2	503,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Henri Mabile	N	12	70	28	T	193	5404	O	1	O	7280	12684	453	4	4	2	176,1	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Marcel Planiol	N	12	225	90	T	193	17370	O	1	O	23400	40770	453	4	11	2	565,9	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Francisco Ferrer	O	12	505	202	T	193	38986	O	1	O	52520	91506	453	4	25	2	1270,1	6,3	2,00	Rouge - Vert	5	0,7	4,5
Rue Alexandre Ribot	O	12	355	142	T	193	27406	O	3	O	36920	64326	453	4	18	2	892,8	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Eugène Quinton	O	12	130	52	T	193	10036	O	2	O	13520	23556	453	4	7	2	327,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Jean Delourmel	O	12	110	44	T	193	8492	O	1	O	11440	19932	453	4	6	2	276,7	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Rapatel	O	12	200	80	T	193	15440	O	4	O	20800	36240	453	4	10	2	503,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4,5
Rue Ronsard	O	12	220	88	T	193	16984	O	2	O	22880	39864	453	4	11	2	553,3	6,3	2,00	Orange - Jaune	5	0,7	4,5
Rue Blaise Pascal	N	12	265	106	T	193	20458	O	2	O	27560	48018	453	4	13	2	666,5	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	4,5
Rue Le Dantec	N	12	400	160	T	193	30880	O	4	O	41600	72480	453	4	20	2	1006,0	6,3	2,00	Rouge	10	0,6	4,5
Rue Madame du Campfranc	N	12	190	76	T	193	14668	O	1	O	19760	34428	453	4	10	2	477,9	6,3	2,00	Rouge	10	0,6	4,5
Rue Paul Bourget	N	12	455	182	T	193	35126	O	2	O	47320	82446	453	4	23	2	1144,3	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	4,5
Rue Martin Feuillée	O	12	240	96	T	193	18528	O	2	O	24960	43488	453	4	12	2	603,6	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	4,5
Rue Monsieur Vincent	O	12	600	240	T	193	46320	N	5	N	0	46320	193	1	30	2	1509,0	6,3	2,00	Vert foncé	1	3,0	4
Rue Docteur Bellamy	O	12	50	20	T	193	3860	N	2	N	0	3860	193	1	3	2	125,8	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	2,4	4
Square Ludovic Trarieux	O	14	320	128	T	193	24704	N	8	O	33280	57984	453	4	18	1	3231,1	25,2	4,00	Vert foncé	1	2,0	4
Allée Flora Tristan	N	6	130	13	F	228	2964	N	5	N	0	2964	228	2	1	3	36,8	2,8	1,00	Vert	1	1,5	4
Rue de la Hatterie	O	12	200	80	T	193	15440	O	2	O	20800	36240	453	4	10	2	503,0	6,3	2,00	Vert	1	1,5	4
Rue des Conrois	O	13	220	88	T	193	16984	N	8	O	22880	39864	453	4	11	2	553,3	6,3	2,00	Vert - Vert Foncé	1	1,5	4
Rue de Bel air	O	14,5	160	64	T	193	12352	N	6	O	16640	28992	453	4	9	1	1615,5	25,2	4,00	Jaune	2,5	1,4	4
Rue Pierre Semard	O	14	230	92	T	193	17756	O	2	O	23920	41676	453	4	13	1	2322,3	25,2	4,00	Orange - Jaune	5	1,2	4
Rue Arthur Fontaine	O	14	380	152	T	193	29336	N	7	O	39520	68856	453	4	22	1	3836,9	25,2	4,00	Rouge - Jaune	5	1,2	4
Rue Camille Saint-Saëns	N	12	190	76	T	193	14668	N	11	O	19760	34428	453	4	10	2	477,9	6,3	2,00	Orange - Vert	2,5	0,9	4
Rue Jean François Millet	O	13	530	212	T	193	40916	N	6	O	55120	96036	453	4	27	2	1333,0	6,3	2,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	4

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoiment / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoiment/enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale / m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Rue Jean Jaffres	N	8	70	7	F	228	1596	N	3	N	0	1596	228	2	1	3	19,8	2,8	1,00	Orange	5	0,7	4
Allée de la Guérinière	N	12	130	52	T	193	10036	O	3	O	13520	23556	453	4	7	2	327,0	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4
Rue André Paillheret	N	12	190	76	T	193	14668	O	1	O	19760	34428	453	4	10	2	477,9	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4
Rue Carle Bahon	N	12	230	92	T	193	17756	O	1	O	23920	41676	453	4	12	2	578,5	6,3	2,00	Orange	5	0,7	4
Rue La Pérouse	N	12	95	38	T	193	7334	O	3	O	9880	17214	453	4	5	2	238,9	6,3	2,00	Rouge - Orange	10	0,6	4
Rue Abbé Henri Grégoire	N	12	220	88	T	193	16984	N	7	O	22880	39864	453	4	11	2	553,3	6,3	2,00	Vert	1	1,5	3,5
Allée Edith Piaf	N	6	230	23	F	228	5244	N	5	N	0	5244	228	2	2	3	65,1	2,8	1,00	Vert	1	1,5	3
Allée Jean Sébastien Bach	O	8	210	21	F	228	4788	N	4	N	0	4788	228	2	2	3	59,4	2,8	1,00	Vert	1	1,5	3
Allée Maurice Ravel	N	6	70	7	F	228	1596	O	2	O	1820	3416	488	4	1	3	19,8	2,8	1,00	Vert	1	1,3	3
Allée Jacques Collebaud dit Jachet de Mantoue	N	6	50	5	F	228	1140	N	7	O	1300	2440	488	4	1	3	14,2	2,8	1,00	Vert	1	1,3	3
Allée Charles Vanel	N	8	275	28	F	228	6270	N	7	O	7150	13420	488	4	3	3	77,8	2,8	1,00	Vert	1	1,3	3
Rue Jacques Tarière	O	8	70	7	F	228	1596	O	1	O	1820	3416	488	4	1	3	19,8	2,8	1,00	Vert	1	1,3	3
Rue du Pré Garel	N	6	200	20	F	228	4560	N	3	N	0	4560	228	2	2	3	56,6	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,9	3
Allée du Landry	N	6	75	8	F	228	1710	O	2	O	1950	3660	488	4	1	3	21,2	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	3
Rue de Vouziers	N	8,5	330	33	F	228	7524	O	2	O	8580	16104	488	4	3	3	93,4	2,8	1,00	Orange - Jaune	5	0,5	3
Rue Gérard Philipe	N	8	85	9	F	228	1938	N	1	N	0	1938	228	2	1	3	24,1	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	2,5
Rue de Piré	N	8,5	265	27	F	228	6042	N	5	N	0	6042	228	2	3	3	75,0	2,8	1,00	Orange - Jaune	5	0,7	2,5
Rue Ernest Chéreau	N	10	250	25	F	228	5700	O	1	O	6500	12200	488	4	3	3	70,8	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	2,5
Rue Massenet	N	10	80	8	F	228	1824	O	3	O	2080	3904	488	4	1	3	22,6	2,8	1,00	Jaune	2,5	0,7	2,5
Rue Louis Gohier	O	10	230	23	F	228	5244	N	9	O	5980	11224	488	4	2	3	65,1	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,7	2,5
Rue Gounod	N	8	75	8	F	228	1710	O	2	O	1950	3660	488	4	1	3	21,2	2,8	1,00	Orange	5	0,5	2,5
Allée Lulli	N	8,5	60	6	F	228	1368	O	2	O	1560	2928	488	4	1	3	17,0	2,8	1,00	Orange	5	0,5	2,5
Rue Tristan Corbière	N	10	130	13	F	228	2964	O	2	O	3380	6344	488	4	1	3	36,8	2,8	1,00	Orange	5	0,5	2,5
Allée Charles d'Espinay	N	4	90	9	F	228	2052	N	5	N	0	2052	228	2	1	3	25,5	2,8	1,00	Vert - Vert foncé	1	1,5	2
Allée Jacques Brel	N	6	230	23	F	228	5244	N	5	N	0	5244	228	2	2	3	65,1	2,8	1,00	Vert	1	1,5	2
Rue Sous-Lieutenant Pochard	N	6	135	14	F	228	3078	N	5	N	0	3078	228	2	1	3	38,2	2,8	1,00	Vert	1	1,5	2

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoiment / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoiment/enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale / m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Allée Valentin Guillermin	O	6	190	19	F	228	4332	N	4	N	0	4332	228	2	2	3	53,8	2,8	1,00	Vert - Vert foncé	1	1,5	2
Rue Jean Le Rond D'Alembert	O	10	155	16	F	228	3534	N	5	N	0	3534	228	2	2	3	43,9	2,8	1,00	Vert - Vert foncé	1	1,5	2
Square Professeur Louis Antoine	O	10	180	18	F	228	4104	N	5	N	0	4104	228	2	2	3	50,9	2,8	1,00	Vert	1	1,5	2
Rue René Madec	N	6	80	8	F	228	1824	N	7	O	2080	3904	488	4	1	3	22,6	2,8	1,00	Vert	1	1,3	2
Square Anne-Marie Tanguy	O	6	130	13	F	228	2964	N	7	O	3380	6344	488	4	1	3	36,8	2,8	1,00	Vert	1	1,3	2
Rue Célestin Picoux	O	10	90	9	F	228	2052	O	1	O	2340	4392	488	4	1	3	25,5	2,8	1,00	Vert foncé	1	1,3	2
Allée François Jouannet	O	8	110	11	F	228	2508	N	4	N	0	2508	228	2	1	3	31,1	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,9	2
Allée du Danemark	O	10	350	35	F	228	7980	N	4	N	0	7980	228	2	4	3	99,1	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,9	2
Rue des Frères Normand	O	10	140	14	F	228	3192	O	2	O	3640	6832	488	4	1	3	39,6	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,7	2
Allée de la Bourgonette	O	10	250	25	F	228	5700	O	4	O	6500	12200	488	4	3	3	70,8	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	2
Square Louis Massignon	O	10	200	20	F	228	4560	N	6	O	5200	9760	488	4	2	3	56,6	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	2
Rue Rossini	N	10	70	7	F	228	1596	O	3	O	1820	3416	488	4	1	3	19,8	2,8	1,00	Orange	5	0,5	2
Rue Joseph Pontallie	O	10	150	15	F	228	3420	O	2	O	3900	7320	488	4	2	3	42,5	2,8	1,00	Orange - Jaune	5	0,5	2
Rue Pierre Roy	N	6	360	36	F	228	8208	N	6	O	9360	17568	488	4	4	3	101,9	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1,5
Avenue Georges-Henri Rivière	N	10	500	50	F	228	11400	N	6	O	13000	24400	488	4	5	3	141,5	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1,5
Rue Marcel Ponnayoy	N	10	160	16	F	228	3648	O	4	O	4160	7808	488	4	2	3	45,3	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1,5
Rue Lieutenant Colonel Constant Allain	O	8	230	23	F	228	5244	N	7	O	5980	11224	488	4	2	3	65,1	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1,5
Allée de Finlande	O	10	340	34	F	228	7752	N	4	N	0	7752	228	2	3	3	96,2	2,8	1,00	Jaune	2,5	0,9	1,5
Allée Saint-Colomban	N	6	75	8	F	228	1710	N	8	O	1950	3660	488	4	1	3	21,2	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	1,5
Rue de la Motte Baril	N	10	410	41	F	228	9348	O	4	O	10660	20008	488	4	4	3	116,0	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	1,5
Rue Oradour sur Glane	N	10	370	37	F	228	8436	O	2	O	9620	18056	488	4	4	3	104,7	2,8	1,00	Orange - Vert	2,5	0,7	1,5
Rue Maurice Hay	O	10	370	37	F	228	8436	N	6	O	9620	18056	488	4	4	3	104,7	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,7	1,5
Allée Beethoven	N	7	70	7	F	228	1596	O	2	O	1820	3416	488	4	1	3	19,8	2,8	1,00	Orange - Jaune	5	0,5	1,5
Rue de Belleville	N	9	210	21	F	228	4788	O	3	O	5460	10248	488	4	2	3	59,4	2,8	1,00	Orange	5	0,5	1,5

Dénomination	Rue plantée	Largeur de voirie (Lv) (en m)	Longueur de la voirie (m)	Linéaire aménageable (m)	Typologie de plantation (Tranchée /Fosse)	Coût des travaux (par m linéaire)	Coût des travaux HT (en euros)	Présence de réseau aérien (Ra)	Nombre de réseaux souterrains longitudinaux (Nrs)	Dévoient / enfouissement de réseau nécessaire ?	Coût de dévoient /enfouissement total théorique HT (€)	Coût total estimé HT (en euros)	Coût HT / L voirie (€/ml)	Sct : Score de coût des travaux / m de voirie aménageable	Total d'arbres théoriquement plantables	Catégorie de grandeur du/des arbres planté(s)	Surface théorique de canopée à 50 ans (m²)	Score surface théorique totale /m linéaire aménageable	Score surface théorique totale/m voirie aménageable	Perception végétale	Score de paysage (Sp)	Score d'efficacité	Score de faisabilité
Allée des Violettes	N	6	70	7	F	228	1596	N	5	N	0	1596	228	2	1	3	19,8	2,8	1,00	Vert	1	1,5	1
Rue du Plateau Dogon	N	6	130	13	F	228	2964	N	5	N	0	2964	228	2	1	3	36,8	2,8	1,00	Vert	1	1,5	1
Rue Paul Le Flem	O	6	350	35	F	228	7980	N	5	N	0	7980	228	2	4	3	99,1	2,8	1,00	Vert foncé	1	1,5	1
Square René Pleven	O	8	440	44	F	228	10032	N	2	N	0	10032	228	2	4	3	124,5	2,8	1,00	Vert	1	1,5	1
Allée Jean de Coatanlem	N	6	40	4	F	228	912	N	7	O	1040	1952	488	4	0	3	11,3	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1
Allée Jean-Jacques Audubon	N	6	40	4	F	228	912	N	7	O	1040	1952	488	4	0	3	11,3	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1
Allée Pierre Galle	N	6	175	18	F	228	3990	N	6	O	4550	8540	488	4	2	3	49,5	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1
Square Marcel Bozzuffi	O	8	105	11	F	228	2394	N	7	O	2730	5124	488	4	1	3	29,7	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1
Square Louis Armand	O	9	350	35	F	228	7980	O	5	O	9100	17080	488	4	4	3	99,1	2,8	1,00	Vert foncé	1	1,3	1
Rue Victor Schoelcher	O	10	320	32	F	228	7296	N	9	O	8320	15616	488	4	3	3	90,6	2,8	1,00	Vert	1	1,3	1
Rue Jacques Offenbach	N	10	85	9	F	228	1938	O	3	O	2210	4148	488	4	1	3	24,1	2,8	1,00	Jaune - Vert	2,5	0,7	1
Rue Henri Bougeard	N	10	170	17	F	228	3876	O	3	O	4420	8296	488	4	2	3	48,1	2,8	1,00	Orange	5	0,5	1
Rue de la Serpette	N	8	180	18	F	228	4104	O	1	O	4680	8784	488	4	2	3	50,9	2,8	1,00	Rouge - Orange	10	0,4	1