



HAL
open science

Dans quelles mesures les projets de tramway répondent-ils aux enjeux des villes durables ?

Rémi Michel

► **To cite this version:**

Rémi Michel. Dans quelles mesures les projets de tramway répondent-ils aux enjeux des villes durables ?. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02374815

HAL Id: dumas-02374815

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02374815>

Submitted on 21 Nov 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Année universitaire : 2018...2019

Spécialité :

Paysage

Spécialisation (et option éventuelle) :

Paysage : Opérationnalité de Projet

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Dans quelles mesures les projets de tramway répondent-ils aux enjeux des villes durables ?

Par : Rémi MICHEL

Soutenu à **Angers** **le 09/09/19**

Devant le jury composé de :

Président : BOURNET Pierre-Emmanuel

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : COCHEZ Pierre-Alexandre

Enseignant référent : CANNAVO Patrice

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

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier toute l'équipe de Richez Associés pour son accueil, le cadre de travail qu'elle m'a offert et son partage de connaissances tout au long de mon stage de fin d'études. J'ai apprécié découvrir et travailler au sein d'une équipe dynamique et pluridisciplinaire, provenant aussi bien du paysage, que de l'architecture ou de l'urbanisme.

Un merci particulier à Pierre-Alexandre Cochez, mon tuteur de stage, et à Patrice Cannavo, mon professeur référent, de m'avoir accompagné dans cette dernière étape de ces cinq années d'études passées à Agrocampus Ouest - INHP à Angers. Je remercie également Chiara Bonino, directrice du studio Transports et Aurélie Farret, chef de projet, pour leurs conseils avisés concernant ce mémoire. Enfin, merci à Angela Montesinos et Ludovic Chatelaine, avec qui j'ai travaillé sur le projet de tramway de Tours, et Sylvie Guérin pour la relecture du mémoire et ses conseils.

Merci à mes proches pour leur soutien permanent, et à mes amis de promotion sans qui ces cinq années n'auraient pas été aussi riches et passionnantes.

AVANT PROPOS

Structure d'accueil

J'ai effectué mon stage de fin d'études de six mois à Richez Associés, un bureau d'études situé à Paris. Cette agence présente une équipe multidisciplinaire, composée d'une centaine de collaborateurs (architectes, urbanistes, ingénieurs, paysagistes). Disposant d'une équipe internationale, ses activités s'exercent partout en France et à l'étranger. L'agence se répartie en quatre studios : bâtiments, Villes et quartiers, Espaces publics et Transports.

Mission

Au sein du studio Transports, j'ai participé au développement du projet paysager de la ligne 2 de tramway de Tours en phase d'élaboration, dans le cadre d'une AMO (Assistance à Maitrise d'Ouvrage). Ce travail se divisa en deux phases :

Phase 1 : analyse urbaine de l'existant et élaboration des enjeux

Phase 2 : étude d'insertion du tramway en phase AVP (Avant-Projet)

Liste des abréviations

RA :	Richez Associés
BEI :	Banque Européenne d'Investissements
FEDER :	Fonds européen de développement régional
PPP :	Partenariat Public Privé
MOP :	Maitrise d'ouvrage public
PNRU :	Programme National de Rénovation Urbaine
QP :	Quartiers Prioritaires
ICU :	Ilots de Chaleur Urbain
L1 / L2 :	Ligne 1 et 2 de tramway

Liste des figures

Figure 1 - Carte postale du tramway de Tours, CC-BY-NC-SA 20, 1923	3
Figure 2 - Photo du tramway de Strasbourg, © Aude Raso, 2018	5
Figure 3 – Photo du tramway d'Angers avec requalification de l'espace public concomitant. © CC BY-SA 3.0, 2011	6
Figure 4 - Photo du centre-ville de Tours avant l'arrivée du tramway – © Arnoul MAFFRE, 2010	7
Figure 5 –Photo du tramway de Tours présentant une nouvelle image de son centre-ville – © RA, 2013	7
Figure 6 - Schéma des piliers du développement durable © Allemand, 2010	9
Figure 7 - Carte des villes étudiées (Source : réalisation personnelle)	13
Figure 8 - Carte des quartiers prioritaires desservis par le tramway d'Angers	17
Figure 9 - Carte des quartiers prioritaires desservis par le tramway de Tours	17
Figure 10 - Carte des projets urbains à Angers (Source des données : AUP et al., 2006)	20
Figure 11 - Carte des projets urbains à Tours (Source des données: Richez Associés, 2010)	20
Figure 12 – Répartition des essences entre Angers et Tours (Source des données: RA, 2010 et AUP et al., 2006)	23
Figure 13 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en % (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)	24
Figure 14 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en quantité (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)	24
Figure 15 - Profil d'un îlot de chaleur urbain © USEPA, 2010	27
Figure 16 - Schéma de la hiérarchisation des éléments influents sur les ICU © Grand Lyon, 2010	28
Figure 17 - Coupe de principe d'une plateforme végétalisée imperméable © Richez Associés, 2010	29
Figure 18 - Coupe de principe d'une plateforme végétalisée perméable © Richez Associés, 2010	30
Figure 19 - Projets urbains desservis par la ligne 1 et 2 d'Angers	34
Figure 20 - Répartition des essences à Tours et Angers (Source des données : AUP et al., 2006 et RA, 2015)	35
Figure 21 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en %	36
Figure 22 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en quantité	36

Liste des tableaux

Tableau 1 – Comparaison données économiques – (Source des données chiffrées : RA, 2010 et Bilan Loti, 2016)	
Tableau 2 – Synthèse des impacts économiques du tramway (Source : Réalisation personnelle)	
Tableau 3 - Nombre de station / km à Tours et Angers (Source des données : RA, 2010 et Aup et al., 2006)	19
Tableau 4 - Synthèse des impacts sociaux du tramway (Source : Réalisation personnelle)	19
Tableau 5 - Répartition des espèces à Angers (Source : RA, 2010)	22
Tableau 6 - Répartition des espèces à Tours (Source : RA, 2010)	22
Tableau 7 - Bilan vert de Tours et Angers (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)	25
Tableau 8 - Répartition des modalités de végétalisation de la plateforme (Source des données: Richez Associés, 2010)	26
Tableau 9 - Répartition des surfaces végétales et minérales à Tours et Angers (Source données: Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)	28
Tableau 10 - Répartition des surfaces perméables et imperméables de Tours et Angers (Source données : RA, 2010 et AUP et al., 2006)	29
Tableau 11 - Répartition des revêtements de sol en fonction de leur albédo (Source : Richez Associés, AUP et al., Ademe, IAU, Grand Lyon)	31
Tableau 12 - Synthèse des impacts environnementaux du tramway (Source : réalisation personnelle)	33
Tableau 13 - Impact économique des lignes 1 et 2 d'Angers (Source des données: AUP et al., 2006 et RA, 2015)	34
Tableau 14 - Nombre de stations par km d'Angers L1 et L2 (Source des données : AUP et al., 2006 et RA, 2015)	35
Tableau 15 - Bilan vert de Tours et Angers (Source : Richez Assoicés, 2015)	36
Tableau 16 – Répartition des surfaces végétalisées et minéralisées d'Angers L1 et L2 en % (RA, 2015)	37
Tableau 17 - Répartition des surfaces perméables et imperméable d'Angers L1 et L2 en % (RA, 2015)	37
Tableau 18 - Répartition des albédos des matériaux utilisés à Angers L1 et L2 (Source : RA et al., AUP et al., IAU idf, Ademe, Grand Lyon)	38
Tableau 19 - Synthèse de l'évolution des impacts environnementaux et sociaux entre les L1 et L2 de tramway à Angers (Source : réalisation personnelle)	38

Liste des annexes

- Annexe I : Palette végétale arborée de la ligne 1 d'Angers (Source : AUP et al., 2006)
- Annexe II : Palette végétale arborée de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)
- Annexe III : Palette végétale des arbustes, graminées, couvre-sols, fougères, vivaces et mélange engazonnée de la ligne 1 d'Angers (Source : AUP et al., 2006)
- Annexe IV : Palette végétale des arbustes, graminées, couvre-sols, fougères, vivaces et mélange engazonnée de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)
- Annexe V : Plan synoptique des conservations et plantations d'arbres de la ligne 1 d'Angers (Source : AUP et al., 2006)
- Annexe VI : Plan synoptique des conservations et plantations d'arbres de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)
- Annexe VII : Plan synoptique des revêtements de la plateforme de la ligne 1 d'Angers (Source et al., 2006)
- Annexe VIII : Plan synoptique des revêtements de la plateforme de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)
- Annexe IX : Palette végétale arborée de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)
- Annexe X : Palette végétale des arbustes, graminées, couvre-sols, fougère et vivaces de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)
- Annexe XI : Plans synoptiques des abatages et plantations d'arbres de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)
- Annexe XII : Plan synoptique des revêtements de la plateforme de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)

Table des matières

REMERCIEMENTS

AVANT PROPOS

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

INTRODUCTION	1
1. Projet de tramway et ville durable : des thématiques étroitement liées	3
1.1 Le tramway à la française	3
1.1.1 Ville et tramway : 150 ans d'histoire commune	3
1.1.2 Le projet de tramway, outils de requalification urbaine	5
1.2 La ville durable, entre projet et théorie	8
1.2.1 A l'origine du développement durable : penser global ...	8
1.2.2 ... Agir local : la Ville durable	9
1.3 Le paysagiste-concepteur, médiateur de projets partagés	11
2. Le tramway dans la ville durable : un impact indéniable	13
2.1 Un impact économique viable, mais freiné par la rentabilité	14
2.1.1 Le tramway, un instrument de développement économique	14
2.1.2 Des coûts importants pour des retombées économiques aléatoires	14
2.1.3 CONCLUSION	16
2.2 Un impact social dépendant d'une volonté politique	17
2.2.1 Une mixité et du lien social renouvelé	17
2.2.2 Des déplacements de populations limitant « l'effet tramway »	18
2.2.3 Sécurité et démocratie, autres aspects impactés par le tramway	19
2.2.4 CONCLUSION	19
2.3 Le tramway, vecteur d'un nouveau mode de développement urbain	20
2.3.1 Le tramway, potentiel outil de lutte contre l'étalement urbain	20

2.3.2	Une biodiversité en renouvellement	22
2.3.3	Un potentiel inexploité pour la lutte contre les îlots de chaleur urbains	27
2.3.4	Un bilan carbone difficilement évaluable	31
2.3.5	CONCLUSION	33
3.	Des évolutions pour les futures lignes ?	34
3.1	Des estimations économiques plus réalistes	34
3.2	Une deuxième ligne qui conforte mixité et cohésion sociale	34
3.3	Un impact environnemental dans la continuité de la première ligne	35
3.3.1	Le tramway, levier complémentaire dans la lutte contre l'étalement urbain	35
3.3.2	La biodiversité, un domaine partagé entre amélioration et dégradation	35
3.3.3	La lutte contre les îlots de chaleur urbains, un enjeu incompris ?	37
3.3.4	CONCLUSION	38
	CONCLUSION	39
	BIBLIOGRAPHIE	41
	SITOGRAPHIE	42
	SOURCE COLLOQUE	44
	SOURCE IMAGE	44
	ANNEXES	45

INTRODUCTION

Changement climatique et impact de nos sociétés sur l'environnement. Tels sont les principaux enjeux de nos villes depuis quelques décennies. C'est en 1992 au Sommet de la Terre à Rio que la notion de développement durable apparaît au grand jour et qu'une prise de conscience planétaire à propos de l'impact de nos modes de vie sur l'environnement se développe. De nombreux facteurs sont en cause de cette pollution de l'air, et leur assemblage ont un effet cocktail explosif et néfaste pour d'une part la santé humaine, et d'autre part notre environnement. Cependant, parmi tous ces facteurs, l'un d'entre eux reste davantage médiatisé, car fortement visible quotidiennement aux yeux de la majeure partie de la population : la mobilité.

Les transports en milieux urbains font parties intégrantes des villes et du mode de vie des citoyens. Les projections des experts des Nations Unies annoncent une augmentation de la population mondiale en milieu urbain d'ici 2050 de 4,2 à 6,7 milliards d'habitants^[14]. Population grandissante rime avec augmentation du besoin en transport. Les tendances globales des mobilités urbaines actuelles dépendent des pays, de leurs richesses et de leurs niveaux de développement. Nous allons dans le cadre de ce mémoire nous concentrer sur les pays d'Europe occidentale. Aujourd'hui, la voiture occupe une place prépondérante dans la part des modes de déplacement des citoyens^[5]. Vient ensuite les transports en commun, puis le vélo et enfin la marche. Et les conséquences de cette situation sont dévastatrices : pollution atmosphérique en carbone, azote et particules fines ; problème de santé (cardiovasculaire, respiratoire, cancer), amplification du réchauffement climatique, notamment par le phénomène des îlots de chaleur urbains, et destructions des écosystèmes naturels et de la biodiversité^[1]. Si nous continuons ainsi aux vues des projections d'augmentation de la population urbaine, qu'advient-il ?

C'est dans ce contexte alarmant qu'une prise de conscience de la population, des scientifiques, et des structures politiques est apparue. Des réflexions ont conduit à une volonté de transformer les villes actuelles en villes plus écologiquement responsables, socialement équitables, et économiquement viables : la ville durable. Pour ce faire, l'ensemble de notre mode de vie urbain a été remis en question, dont l'un des composants principaux : la mobilité. L'objectif était de réduire l'impact des mobilités polluantes et donc principalement de la voiture, afin de favoriser des modes de transports plus respectueux de l'environnement : les transports en commun, le vélo, et la marche. Parmi les transports en commun, plusieurs modes sont apparus au cours du temps, dont un qui possède une longue histoire commune aux villes : le tramway. Après une disparition de celui-ci il y a 60 ans, il fait son grand retour dans les principales agglomérations en France et à l'étranger. Les projets de tramways, en plus de leurs nombreux avantages écologiques (faible impact sur l'environnement), englobent avec eux une requalification de l'espace public et favorisent un développement urbain des villes qui l'adoptent. Forte de plus de 30 ans d'expérience dans le domaine, la France est devenue experte en projets de tramways et a obtenu une reconnaissance mondiale pour ce savoir-faire. Ces années d'expérience nous permettent aujourd'hui d'avoir un certain recul sur ce qui a été fait, et de nous questionner sur le réel impact de ces projets.

C'est donc grâce à ce recul que nous allons tenter de déterminer **dans quelles mesures les projets de tramway répondent-ils aux enjeux des villes durables ?**

Il s'agira dans un premier temps de définir les concepts de ville durable et de projet de tramway et de dégager les liens qui existent entre eux. Pour cela, de nombreuses notions vont être identifiées afin de comprendre les caractéristiques de ces concepts et leur importance vis-à-vis des enjeux environnementaux du 21^e siècle. Un aspect plus historique sera abordé afin de bien comprendre le contexte d'apparition des enjeux et objectifs. Le but sera aussi d'expliquer le rôle du paysagiste concepteur, son lien et impact sur ces deux sujets.

Dans un second temps, une analyse concrète de l'impact du tramway sur les 3 piliers de la ville durable, à travers les premières lignes de tramway de Tours et d'Angers, sera effectuée pour déterminer dans quelles mesures les projets de tramways répondent aux enjeux de la ville durable. Le but de cette partie est d'analyser les liens positifs et négatifs du tramway avec chacun des 3 piliers, à travers un ensemble de critères liés aux principaux enjeux de la ville durable.

Pour finir, une troisième partie viendra compléter la seconde en allant plus loin dans le sujet. Le but est de constater l'évolution sur les futures lignes de tramways, avec la deuxième ligne de tramway d'Angers comme cas d'étude, afin de déterminer dans quelles mesures les enjeux de la ville durable sont pris en compte au cours du temps. Des recommandations et/ou solutions alternatives, déduites de ces analyses comparatives et d'études réalisées par un ensemble d'acteurs de l'aménagement de l'espace public, seront proposées en complément.

Enfin, une conclusion finale apportera une réponse à la problématique, en apportant un regard critique sur la méthode utilisée, les critères d'évaluations choisis, et en proposant des pistes de réflexion complémentaires pouvant être réalisées à la suite de ce mémoire.

1. Projet de tramway et ville durable : des thématiques étroitement liées

1.1 Le tramway à la française

1.1.1 Ville et tramway : 150 ans d'histoire commune

Le tramway est apparu depuis bien plus longtemps que l'on ne le pense. Dès les années 1830, un ingénieur Britannique, Benjamin Outram, invente la traction sur rail (Desveaux et al., 2013). A cette époque, cela consiste en la traction d'un simple chariot par des chevaux. Ces « chemins de fer de rue » furent mis en place aux Etats-Unis puis en Europe (notamment la France et Royaume Uni). Ce type de remorquage se proliféra jusqu'aux années 1870. Des limites apparaissent alors : une vitesse irrégulière et faible, la nécessité de remplacer les animaux, et des pénuries de chevaux.

Lors de l'exposition universelle de Paris en 1878, la traction électrique par ligne aérienne apparaît à Paris puis en province, et favorise une expansion importante du tramway. Avant la première guerre mondiale, une centaine de villes en France en sont équipées. Ce mode de transport remplit alors deux rôles fondamentaux : « favoriser la mobilité des personnes et cadrer le processus de croissance urbaine » (Desveaux et al., 2013). Il permet ainsi de faciliter la croissance urbaine le long des axes, en accompagnement de plusieurs autres modes de transports (trains de banlieue et autobus). Il demeure l'une des causes principales de l'étalement urbain. En France, le premier tramway électrifié apparaît à Clermont Ferrand en 1890, puis se développe dans de nombreuses autres villes, dont Marseille qui ne comptait pas moins d'une centaine de lignes. Cette expansion du tramway se réalise conjointement aux travaux haussmanniens, où les petites rues étroites et sinueuses laissent place à de grands axes favorisant les différents types de mobilité, dont le tramway.

La grande crise de 1929 apporta des changements majeurs. Le coût de la main d'œuvre et la concurrence de l'automobile entraînèrent de nombreuses municipalités à abandonner le tramway, qui connut des difficultés économiques et devint moins rentable que l'autobus et les trolleybus. Ceux-ci commencèrent alors une expansion importante, suivi par la voiture. L'augmentation de celle-ci engendra une congestion de la chaussée, à l'époque partagée avec le tramway, qui devint alors un transport assez archaïque (source livre).

D'autres raisons s'ajoutèrent à cela : une relation étroite entre des sociétés pétrolières, l'industrie pneumatique et les entreprises d'autobus accentua la concurrence et le déclin du tramway (González et al., 2013).



Figure 1 - Carte postale du tramway de Tours, CC-BY-NC-SA 20, 1923

Durant la période de l'entre-deux guerres, la croissance urbaine se poursuit en Europe et s'accompagne de la mise en service de nouvelles lignes de transport public. L'autobus profite de cette situation pour continuer à gagner du terrain sur le tramway et à devenir de plus en plus rentable.

Après la seconde guerre mondiale, le difficile contexte économique d'après-guerre accentua fortement le déclin du tramway en Europe occidentale. De plus, le matériel roulant devint vieillissant, lent, et perdit de sa popularité, notamment auprès des élites. Les structures politiques de l'époque commencèrent à évoquer l'idée d'un démantèlement du réseau de tramway pendant que l'autobus et la voiture, nouvelles figures du modernisme de l'époque et marquant le début de la société de consommation, se généralisaient durablement (Desveaux et al., 2013). En effet, si la voiture était réservée à une catégorie spécifique de la population avant 1945, elle se démocratise ensuite et est produite en masse. En France, 54 % des ménages possédaient une voiture contre 20 % en 1924. Certaines villes d'Europe adoptent même le « plan Damier » favorisant une irrigation plus aisée des flux, comme au Havre ou Brest qui s'en inspirèrent pour les reconstructions d'après-guerre (Piquet, 2015).

C'est dans ce contexte délicat que le tramway disparu définitivement durant les années 60 en Europe occidentale. Seules quelques exceptions comme l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique et les pays communistes de l'Europe de l'Est préservèrent le tramway à l'aide de subventions, pour le rendre compétitif face à la concurrence de l'autobus et de la voiture. Celle-ci gagna d'ailleurs une place prépondérante sur les moyens de transport utilisés, loin devant les transports en commun. La politique de l'époque est alors : « la ville doit s'adapter à l'automobile » (Desveaux et al., 2013).

Ce n'est que dans les années 80 – 90 qu'un engouement renaît autour des transports collectifs. Le contexte favorisa fortement ce nouvel intérêt : la crise pétrolière de 1973 et l'augmentation du prix de l'essence, la saturation de la voirie due à l'explosion de l'utilisation de la voiture, qui engendrait une détérioration de l'espace public au détriment notamment du piéton. Le milieu urbain subit donc la politique du « tout automobile » et perd totalement de sa « convivialité ». Ce constat entraîna une prise de conscience des habitants et des acteurs politiques, qui définirent l'espace public comme objet d'intérêt public. La solution clef engagée fut le report modal, notamment vers les transports collectifs, et le choix du tramway apparut comme une évidence. Et pour cause, ses avantages sont nombreux : diminution du trafic routier, requalification du paysage urbain, favorise l'intermodalité, sécurise et développe l'espace piéton et cyclable. Il dépasse même son rôle fondamental de transport pour devenir vecteur d'esthétisme et outil de « marketing urbain » (González et al., 2013).

C'est dans ce contexte de prise de conscience environnementale que le tramway fait son grand retour en France. Seules trois villes l'avaient conservé malgré le contexte économique et la concurrence : Lille, Marseille et Saint-Etienne. Sous l'impulsion du secrétaire d'état Marcel Cavallé, le tramway arrive à se réintroduire en France (Desveaux et al., 2013). En 1985, le tramway réapparaît pour la première fois à Nantes, suivi par Grenoble en 1987, après un processus lent et de nombreuses hésitations. En effet, le matériel innovant à forte capacité conçu par Alstom a eu du mal à s'imposer et être accepté par les villes ayant abandonné ce mode de transport à peine 30 ans auparavant. Certaines autres villes adoptent un matériel différent et une technologie novatrice (VAL, hybride) comme Lille, Rennes, Caen, etc...(González et al., 2013). A cette époque, les tramways sont conçus dans le but de désengorger les centres et d'améliorer la performance des transports collectifs, notamment sur des trajets reliant les centres-villes aux banlieues / périphéries. L'un des enjeux est alors de diminuer la place de la voiture et de retisser parallèlement des liens durables entre les cœurs de ville et les espaces périphériques (Laisney, Grillet-Aubert, 2006).

C'est véritablement en 1989, à Strasbourg, que le « tramway à la Française » est inauguré : le maire de l'époque avait exigé deux innovations. L'une technique, avec un plancher bas et plat au niveau du quai comme le montre la figure 2, et l'autre politique, pour que ce mode de transport favorise un partage de la voirie plus équitable et engendre une intense requalification urbaine (Desveaux et al., 2013). Le tramway ne se contente plus d'être un facteur de



Figure 2 - Photo du tramway de Strasbourg, © Aude Raso, 2018

désengorgement des voies, mais devient porteur d'une politique urbaine plus vaste. Il dessert « les principaux pôles générateurs de flux et les fonctions métropolitaines en plein essor » (Laisney, Grillet-Aubert, 2006), accompagnant donc l'accroissement d'un territoire. Et cette évolution fut un succès : le tramway parvient à faire son grand retour et obtiendra une renommée internationale grâce à sa fonction d'outil de requalification urbanistique en plus de celle de transport. Ce « modèle de tramway à la française » est alors utilisé par les élus locaux comme « accélérateur des mutations urbaines et socio-économiques des villes et de leur centre » (González et al., 2013).

Le tramway commence alors à se répandre dans les grandes villes puis les moyennes villes et devient un « outil de requalification urbanistique et un instrument de marketing urbain de premier choix dans les années 1990 à 2010 ». Ils confortent peu à peu leur rôle de vecteur de mutation des villes en privilégiant « l'extension des centres-villes et la desserte de polarités périphériques » (Laisney, Grillet-Aubert, 2006), et en stimulant la reconfiguration des réseaux de transports existants. En parallèle, les bus commencent à circuler en site propre (TCSP) et accentuent la présence de transport public en ville (Piquet, 2015). Si les objectifs au 20^e siècle étaient plus liés au défi technologique de la vitesse, il est devenu de nos jours la garantie d'une durée fixe pour un trajet, en tolérant une vitesse lente du transport (20 km/h en moyenne pour les tramways) (Desveaux et al., 2013).

De véritables réseaux prennent forme comme à Grenoble, Montpellier ou Strasbourg accentuant les effets du tramway sur la requalification urbaine. Depuis 2010, cet effet commence à se dissiper et les projets de tramway s'orientent vers une recherche de « cohérence entre transport et urbanisme » (Laisney, Grillet-Aubert, 2006). En 2013, 26 villes françaises possèdent un tramway, véritable vitrine du savoir-faire Français. Aujourd'hui, l'expansion continue avec la création ou l'agrandissement des réseaux existants et ce modèle de « tramway à la française » s'exporte sur tous les continents du globe (Desveaux et al., 2013).

Après avoir évoqué les grandes lignes de l'histoire du tramway en France et à l'étranger, nous allons maintenant expliquer l'ensemble des caractéristiques d'un projet de tramway, ses rôles, ses objectifs, et son impact sur le paysage urbain.

1.1.2 Le projet de tramway, outil de requalification urbaine

Dans cette partie, nous allons présenter l'impact d'un projet de tramway sur l'espace public et le milieu urbain. Des généralités sur sa conception et ses caractéristiques seront présentées, ainsi que la complexité d'un projet pour le mener à bien.

1.1.2.1 « Faire un tramway pour refaire la ville »

Dans l'imaginaire collectif, un projet de tramway n'est qu'un mode de transport efficace et moderne en site propre qui s'insère dans l'espace public existant, ne bouleversant que le partage de la voirie. Mais en réalité, il est bien plus que cela : un projet de tramway implique une requalification urbaine du territoire, par le réaménagement de l'espace public. Cette requalification s'opère d'une manière homogène sur la totalité du tracé et les quartiers traversés. Il est au cœur d'un « corridor de mobilité » autour duquel le territoire s'organise, où des nouveaux lieux de vie apparaissent à proximité des stations, ainsi que des espaces de sociabilité apaisants et apaisés. Il permet par la même occasion de prolonger des perspectives, de désenclaver, d'apporter une cohérence, de partager l'espace public entre plusieurs modes de déplacements. Il valorise les centralités, relie et favorise les futurs déplacements (Désveaux et al., 2013).

Les protagonistes du tramway ainsi que leurs concepteurs identifient des avantages et exigent des caractéristiques pour sa mise en place : réparer les tissus abimés, créer du lien, embellir. Il doit être accueillant, confortable, convivial, sensible, calme et esthétique. Il modifie l'image de la ville et enclenche un basculement de la mentalité. Il peut permettre le retour de la « flânerie » en apportant une « vision nostalgique, l'envie de retrouver l'image du centre bourg, d'être dans un tissu urbain où on aurait plaisir à flâner, à se promener, à se rencontrer, avec des petits commerces » (Tapie, 2007).

C'est donc plus qu'un simple objet de transport, comme l'affirme l'ingénieur et ancien chef de la mission tramway de la Communauté Urbaine de Bordeaux, François Saglier : « quand on fait un tramway, on refait la ville, on repense son fonctionnement, son organisation, son aménagement. On réfléchit beaucoup sur des questions d'évolution urbaine » (C.U.B, 2003).

L'aménagement des corridors du tramway s'effectue de « façade à façade sur 25 m » et fait en général l'objet d'une mission de maîtrise d'œuvre spécifique avec comme règle un égal traitement pour toutes les portions, apportant une continuité visible et lisible du centre aux communes périphériques. Le réaménagement des espaces publics au-delà de ses limites peut aussi être financé, mais fait l'objet de concours séparés. Comme dit précédemment, en plus d'être un moyen de transport, le tramway « modifie l'espace public le plus basique, la voirie, et par ondes successives, affecte en profondeur tous les autres ; il restructure les territoires à proximité et conduit à une autre représentation de l'espace urbain » (Tapie, 2007). Il y a aussi une forte ambition sur le matériel roulant : le plancher aligné au quai pour une meilleure accessibilité, les grandes vitres pour s'ouvrir à la ville et le design soigné pour être en harmonie avec celle-ci.

D'une manière plus concrète, le tramway a pour objectif de résoudre les problèmes spatiaux, fonctionnels et techniques, dans le but de créer une perception claire de l'espace public et faciliter la compréhension des utilisateurs. Une réflexion est menée sur comment le partage de la voirie peut satisfaire l'ensemble des usagers et leurs besoins spécifiques. Pour cela, une hiérarchisation des besoins s'opère et influence les choix politiques.



Figure 3 – Photo du tramway d'Angers avec requalification de l'espace public concomitant. © CC BY-SA 3.0, 2011

1.1.2.2 Une opportunité de refaçonner l'image de sa commune

La requalification du corridor d'un tramway implique « la création ou la rénovation des espaces concomitants concernant l'aménagement des espaces publics » (Tapie, 2007). Et pour cause, le tramway offre à travers la fenêtre des rames une vitrine sur la ville, qui doit donc soigner son image par l'aménagement des espaces publics le long des lignes, comme la restructuration patrimoniale des centres villes d'agglomérations ou l'apport d'œuvres artistiques. Les citoyens perçoivent la ville et l'agglomération à travers un paysage urbain représentant l'identité d'un territoire. Pour l'architecte-paysagiste Michel Corajoud, il « ouvre, à chaque regard, sa composante interstitielle et exhibe de nouvelles configurations » (Roger, 1995). De plus, il y a aussi un enjeu important pour les communes traversées, car « l'aménagement des espaces concomitants est l'occasion de restructurer et de financer les espaces de circulation affectés par le tramway et par effet « boule de neige » de repenser l'identité de leur territoire » (Tapie, 2007).



Figure 4 - Photo du centre-ville de Tours avant l'arrivée du tramway – © Arnoul MAFFRE, 2010



Figure 5 –Photo du tramway de Tours présentant une nouvelle image de son centre-ville – © RA, 2013

1.1.2.3 Un projet d'une « complexité inouïe »

Cette attention particulière apportée aux espaces publics concomitants n'est pas sans coût. En effet, cela « mobilise une part budgétaire non négligeable, et implique une autre vision de l'espace urbain dont la conception doit être déléguée à des spécialistes du projet spatial (architectes, paysagistes) et pas laisser sous l'autorité de l'ingénierie des transports, plus sensible au kilomètre de rail qu'au paysage » (Tapie, 2007). Un projet de tramway nécessite donc une transversalité et de la pluridisciplinarité. C'est un grand projet aux impacts profonds qui impliquent de naviguer entre la « conception fonctionnelle et spécialisée » (transporter des personnes) et la « conception urbanistique (agir sur les mobilités, transformer la structure territoriale et l'usage des agglomérations, reconfigurer l'espace public) ».

Des domaines mixtes sont alors mobilisés : urbanisme, architecture, design, paysage et art. Pour cela, un grand nombre d'intervenants prennent part pour former une équipe de conception transversale : urbanistes, architectes, paysagistes, accompagnés lors des différentes phases d'un projet par les élus, riverains, utilisateurs, investisseurs, gestionnaires, exploitants, constructeurs et propriétaires. Cette grande variété d'acteurs et de compétences apportent une « complexité inouïe » au projet de tramway (Désveaux et al., 2013).

Pour la maîtrise d'ouvrage, qui se constitue généralement des élus de communes et d'agglomération, il y a une double exigence : « travailler dans une logique de projet avec des

incertitudes, la nécessité du penser ensemble, la gestion simultanée du tout et des parties, la complexité de la composition de l'espace public et les protagonistes qui la portent ; travailler avec des hautes exigences de gestion et un désir de rationalisation des activités dans le cadre d'une attention accrue à des finances plus limitées » (Désveaux et al., 2013).

Après avoir présenté le projet de tramway et son impact sur la ville, nous allons maintenant nous intéresser à la deuxième thématique principale soulevée dans la problématique : la ville durable. Nous commencerons par expliquer dans quel contexte cette notion est apparue, et tenterons de la définir pour l'appliquer aux mobilités.

1.2 La ville durable, entre projet et théorie

1.2.1 A l'origine du développement durable : penser global ...

Avant de définir la notion de développement durable dans lequel s'insère la ville durable, il est important de présenter le contexte de l'époque concernant la planète. En effet, celui-ci était inquiétant dans les années 1980 sur de nombreux plans : environnemental, social, économique, sanitaire, culturel, politique, etc... Ces constats sont autant anciens (pollution, déforestation, démographie grandissante, inégalités ou épuisement des ressources énergétiques fossiles) que récents (réchauffement climatique, émission de GES). Un scientifique néerlandais, Paul Crutzen, considère même en 2000 que nous sommes passés de l'ère holocène à l'ère anthropocène. En effet, l'ère anthropocène aurait débuté avec la révolution industrielle vers 1800 et se serait accélérée vers 1950, suite à l'augmentation des émissions de GES. Cette nouvelle ère implique pour la première fois la capacité de l'homme à peser profondément sur la nature et sa responsabilité dans les transformations du climat par les activités humaines (Allemand, 2010).

C'est dans ce contexte alarmant qu'une prise de conscience mondiale commença à travers de grand rendez-vous internationaux et d'initiatives menés par une grande diversité d'acteurs : états, gouvernements, collectivités locales, ONG, entreprises et citoyens. Il est toujours difficile de savoir la date exacte de la naissance précise d'une expression dans la mesure où son usage précède sa reconnaissance. Cependant, on commence à s'intéresser à cette notion pour la première fois lors de la Conférence de Stockholm en Suède où s'est déroulée la première grande conférence des Nations unies sur l'environnement humain. Mais c'est véritablement en 1980 que cette notion apparaît avec la publication d'un ouvrage par l'IUCN (Union internationale pour la conservation des ressources naturelles), le WWF et PNUE. Elle sera ensuite définie pour la première fois en 1987 avec le rapport « Brundtland » aussi appelé « notre avenir à tous », suite à un travail lancé lors de la charte des nations unies pour la Nature en 1982. Ce rapport permit de populariser cette notion et d'enclencher une prise de conscience mondiale sur le sujet du développement durable, et effectua un lien pour la première fois entre les aspects environnementaux, sociaux, économiques et culturels (Allemand, 2010).

Le contenu de cette définition fut assez riche et précis. L'un des passages des plus importants était qu'il s'agit « d'un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre » (Gro Harlem Brundtland (Dir.), 1987). La définition ne s'arrête pas là et apporte deux concepts en plus : d'une part les besoins, notamment ceux des plus démunis, et d'autre parts les limitations, c'est-à-dire la capacité de notre environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. Elle précise qu'il faut se fixer des besoins et des limites qui peuvent évoluer en fonction de notre technologie et de notre

société. Enfin, cette définition implique les célèbres trois piliers du développement durable (Allemand, 2010):

- Le pilier environnemental, qui vise la limitation de l'impact des activités humaines sur son environnement naturel et urbain, en réduisant notamment les nuisances, la défiguration des paysages, la surexploitation des ressources naturelles et des énergies fossiles au profit des énergies renouvelables.
- Le pilier social, qui vise à assurer une cohésion sociale en veillant à répartir équitablement la richesse (principe d'équité plutôt que d'égalité)
- Le pilier économique, qui n'exclut pas la croissance, avec l'augmentation de la production de biens et de services pour répondre aux besoins des gens, mais qui favorise d'autres formes de richesses, moins énergivores et émettrices de CO2.

Après avoir défini le contexte et la définition du développement durable en général, nous allons nous intéresser à son application au milieu urbain : la ville durable, second thème principal soulevé lors de la problématique.

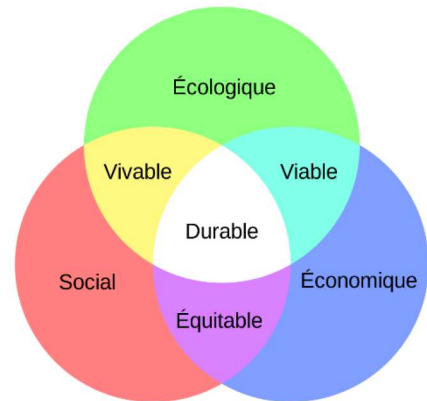


Figure 6 - Schéma des piliers du développement durable © Allemand, 2010

1.2.2 ... Agir local : la Ville durable

Au niveau international, alors que 50% de la population mondiale se situe en milieu urbain dans les années 2000, on commence à s'intéresser à ce sujet lors du 1^{er} forum urbain mondial à Nairobi, au Kenya, en 2002. Le développement urbain durable y est abordé par les pays présents qui ont confronté leur expérience pour trouver des solutions aux enjeux de l'urbanisation rapide du monde et de son impact sur les communautés, les villes et les économies. Au niveau européen, c'est en 2007, avec la charte de Leipzig, que ce thème est abordé pour la première fois, et les états membres de l'Union européenne se fixent des priorités pour le développement durable de leurs villes ^[13].

La notion de ville durable est difficile à définir car elle constitue un projet plutôt qu'une théorie : « Il existe autant de villes durables que de visions portées par les différents acteurs qui l'imaginent » (Synthèse du colloque « Faire la ville durable, inventer une nouvelle urbanité », 2007). Elle met en jeu un projet environnemental, économique et social, les trois piliers du développement durable cités précédemment. Cependant, elle introduit également une dimension politique non négligeable, puisque la gouvernance locale fait partie de ses enjeux. C'est pourquoi le quartier est souvent désigné comme l'échelle pertinente pour penser la ville durable, on parle alors « d'écoquartier » ou « d'écocité » ^[15].

1.2.2.1 Ville durable, compact ou polynucléaire ?

Malgré la difficulté de définir ce terme, il reste intéressant de présenter brièvement le point de vue de Cyria Emelianoff, membre du Groupe de Recherche en Géographie Sociale de l'Université du Maine, qui a défini au cours d'une thèse en 1999 la notion de ville durable en trois temps^[8] :

- C'est une « ville capable de se maintenir dans le temps, de garder une identité, un sens collectif, un dynamisme à long terme » → ville résiliente
- « La ville durable doit pouvoir offrir une qualité de vie en tous lieux et des différentiels moins forts entre les cadres de vie » → ville équitable et mixte

- « Une ville durable est, en conséquence, une ville qui se réapproprie un projet politique et collectif, renvoyant à grands traits au programme défini par l'Agenda pour le XXI^e siècle (Agenda 21) adopté lors de la Conférence de Rio, il y a dix ans » → ville démocratique

La ville durable se résume donc en 4 aspects : la résilience, l'équité, la mixité (spatiale et fonctionnelle) et la démocratie participative.

La ville durable s'apparente aussi à la « ville compacte », terme utilisé notamment à l'étranger (Pays-Bas, Allemagne). Cela consiste en un « haut de degré de compacité (densité élevée), sous ses différentes formes, qui réduit le nombre de déplacements en voiture et la distance parcourue. La forte densité de la ville compacte permet de limiter la consommation du sol à travers des stratégies variées : réhabilitations, rénovations et requalifications urbaines » ^[7]. Des inconvénients apparaissent pourtant : « La concentration de plusieurs millions d'habitants et de toutes les activités économiques dans une ville concentrée peut conduire à de graves problèmes de congestion et pourrait contrarier les objectifs écologiques de la sauvegarde de l'environnement et des économies d'énergie » ^[7]

Certains experts proposent une définition plus géométrique et postulent que « la ville compacte renvoie à une ville dont la forme serait compacte, dans laquelle les vides sont remplis le plus possible » (Bonin Olivier, Tomasoni L, 2013). D'autres affirment que la mixité pourrait avoir les mêmes effets positifs que la densité. La ville compacte repose donc essentiellement sur les mobilités durables, c'est-à-dire, l'application des principes du développement durable aux mobilités (Fouchier, 1995).

Ayant des partisans comme des opposants, un autre modèle de ville prend forme : « la ville polynucléaire », dans laquelle « les fonctions habituellement concentrées dans le centre principal sont dispersées dans plusieurs autres sous-centres, formant des noyaux ou des districts urbains, reliés par des infrastructures de transports publics performantes » ^[7].

1.2.2.2 La mobilité, indispensable au développement urbain durable

Que nous soyons dans le cadre d'une ville durable, compacte (dense), ou polynucléaire (mixte), des positions claires et communes émergent : « d'une part, la relation entre la morphologie urbaine et le système de transport est centrale dans le débat sur la recherche d'un développement urbain durable. D'autre part, aucune stratégie de développement (dense/étalée) ne livrera les avantages escomptés sans une étroite coordination avec la réalisation des infrastructures de transport (principe de la gestion intégrée des transports et de l'aménagement du territoire) » ^[7].

De fait, nous pouvons affirmer qu'il existe un lien étroit entre 4 critères essentiels façonnant la ville durable de demain : la morphologie urbaine, la mobilité, la densité et la mixité (fonctionnelle et sociale). Ces critères abordent de nombreuses thématiques, en lien avec les 3 piliers du développement durable. Dans le cadre de ce mémoire, l'aspect environnemental sera davantage marqué dans l'analyse afin de se concentrer sur les principaux enjeux en milieu urbain : la lutte contre l'étalement urbain (consommateur de sol et générateur de déplacements), les îlots de chaleur (réchauffement climatique), et la préservation de l'environnement et de la biodiversité pour une meilleure qualité de vie des citoyens. (Aménagement espace public de qualité).

Au vue de l'importance de la mobilité dans la ville durable, c'est à travers le projet de tramway que nous allons évaluer, en fonction de différents critères, sa capacité à répondre aux enjeux de la ville durable. En effet, « le projet de ville durable a pour ambition d'utiliser les effets potentiels du tramway moderne pour une reproduction conjointe dans l'espace urbain de la sphère économique, de la sphère sociale et de la biosphère » (Stambouli, 2005).

Avant de passer à la deuxième partie, il est important de rappeler le rôle du paysagiste concepteur dans la conception de la ville durable et dans le projet de tramway. En effet, ce métier évolue avec le temps et tend à se développer exponentiellement à l'avenir au vue des enjeux environnementaux du siècle à venir.

1.3 Le paysagiste-concepteur, médiateur de projets partagés

D'une manière générale, la vocation du paysagiste concepteur se situe à la croisée des réflexions sur le cadre de vie, l'aménagement du territoire, le développement urbain, la question environnementale et l'identité paysagère. Valorisation, création, protection sont au cœur du métier de paysagiste concepteur. Il intervient à différentes échelles, du grand paysage au jardin avec une approche transversale.

En effet, un projet de paysage fait appel à un ensemble de relations : l'histoire du lieu, sa géographie, l'architecture, les pratiques des usagers, l'esthétique, les techniques... Intervenant sur un milieu vivant, il participe à son évolution tout en veillant au bon équilibre entre le milieu ambiant et les activités humaines.

Le paysagiste est donc complémentaire et partenaire des autres métiers de la conception et de la maîtrise d'œuvre (écologue, ingénieur, architecte, urbaniste). Il partage des savoir-faire mais ne se confond pas pour autant avec ces métiers. Il a la capacité d'établir un dialogue entre les acteurs du territoire pour aboutir à un projet partagé (CAUE allier, 2015)

Son lien avec la ville durable est incontestable. Le paysagiste s'inscrit dans la recherche d'un cadre de vie offrant une meilleure qualité et une plus grande diversité paysagères, notamment dans les espaces publics sur lesquels il intervient fréquemment. Sa connaissance fine des territoires lui permet, à travers une approche globale, de proposer des solutions pertinentes pour répondre aux grands enjeux actuels : alternative à l'artificialisation des sols, lutte contre les effets du réchauffement climatique en limitant les îlots de chaleur, nouveaux espaces de nature permettant de préserver et d'accroître la biodiversité, meilleure utilisation des sources d'énergie renouvelable disponibles, nouveaux équilibres entre urbain et rural, renforcement du lien social à travers des espaces publics attractifs, transformation de l'organisation spatiale en centre-ville ^[12] .

Cette évolution est appuyée par un cadre juridique : la loi ELAN (loi portant évolution du logement, de l'aménagement et du numérique), adoptée le 16 octobre 2018, conforte le rôle des paysagistes comme des acteurs importants de l'aménagement durable. En effet, elle apporte une évolution à l'article L 441-4 du code de l'urbanisme, où, les porteurs de projets de lotissements dont la surface excède 2 500 m² doivent recourir aux compétences des architectes ou à celles des paysagistes concepteurs pour l'élaboration des projets

d'aménagement paysager et environnemental (PAPE) nécessaires au dépôt des permis d'aménager (Mangin, 2018).

Rapporté au projet de tramway, le rôle du paysagiste concepteur peut s'appliquer sous de nombreuses formes. Celles-ci dépendent du contexte du site où le tramway est implanté ainsi que du type de structure où le paysagiste travaille. Il est rare qu'un paysagiste soit chef de projet pour ce type d'étude, tant les composantes d'un projet sont nombreuses : plateforme, revêtements, mobiliers urbains, stations, espaces verts, voirie, sécurité, circulations, flux, signalétique, éclairage, réseaux, LAC (Ligne Aérienne de Contact), etc...

Cependant, il peut y avoir une conception commune selon la relation avec le chef de projet. En effet, selon le contrat d'un projet de tramway, le paysagiste est dans la plupart des cas chargé de la partie technique paysagère : plateforme végétalisée (expérimentation et mise en place), ambiance végétale, minérale et conception de l'espace public concomitant. Il est en mesure, grâce à ses connaissances globales, de restituer une synthèse des enjeux d'un projet en fonction du contexte pour réaliser un aménagement qui fonctionne, en tenant compte de l'ensemble des composantes du projet. Le paysagiste conçoit donc un projet dans un cadre pluridisciplinaire.

Cette première partie met en évidence un lien étroit entre la ville durable et un projet de tramway. Par de nombreux aspects, ces deux notions se recoupent, abordant des sujets similaires comme la mobilité, et répondant à des attentes globales communes : l'obtention d'un cadre de vie durable pour tous. Nous allons donc explorer en seconde partie, à travers le projet de tramway, quels sont ces liens et comment interagissent-ils entre eux.

2. Le tramway dans la ville durable : un impact indéniable

Au cours de cette étude, nous allons déterminer, à travers les 3 piliers du développement durable, si les projets de tramway répondent aux enjeux de la ville durable. Cette analyse s'appuiera sur une analyse comparative de deux lignes de tramway existantes, offrant des exemples concrets à l'étude. Un ensemble d'études économiques, sociales et environnementales autour du tramway viendront compléter les ressources bibliographiques, apportant des données spécifiques ou communes à tous projets de tramway. Ces études portant principalement sur les projets de tramway de premières générations (inaugurés entre 1990 et 2010), ce mémoire a pour but d'offrir une analyse comparative entre deux lignes de tramway inaugurées à partir des années 2010, afin d'apporter de nouvelles données sur le sujet. L'objectif final est donc d'évaluer dans quelles mesures ces projets de tramway répondent aux enjeux de la ville durable, à travers les premières lignes de tramway de villes au contexte similaire : Tours et Angers. Ce sont deux villes du bassin ligérien, traversées par la Loire ou ses affluents, qui ont des caractéristiques similaires permettant une étude comparative idéale.

Angers est une commune de 150 000 hab. au centre d'une aire urbaine de 400 000 hab.^[10]. Capitale historique et place forte de l'Anjou, Angers se distingue aujourd'hui par sa spécialisation dans le domaine du végétal, avec le premier pôle de compétitivité horticole européen (Végépolys). Ses universités, ses musées et son activité culturelle en font également un centre culturel important. La richesse de son patrimoine lui vaut le label de ville d'art et d'histoire.



Figure 7 - Carte des villes étudiées (Source : réalisation personnelle)

Tours est une commune de 136 565 hab. au centre d'une aire urbaine de 494 453 hab.^[11]. Capitale en de nombreuses fois par le passé, elle possède aussi un riche patrimoine avec un centre historique inscrit à l'UNESCO et « ville d'art et d'histoire ». La cité jardin concentre un patrimoine vert et un paysage urbain fortement influencé par son espace naturel alentour. Comme Angers, c'est une ville universitaire, avec près de 30 000 étudiants et une ville culinaire de grande renommée.

Ces deux villes ont inauguré leur première ligne de tramway à intervalles très restreints : 2011 pour Angers et 2013 pour Tours. Chacune possède ses propres caractéristiques, et nous allons voir si elles ont été conçues pour répondre aux enjeux de la ville durable.

Les 3 piliers seront abordés de manières différentes. Les piliers économiques et sociaux seront abordés d'une manière plus générale et applicable à tous projets de tramway. En effet, le but de ce mémoire est de se concentrer davantage sur les aspects environnementaux où peu d'études ont été réalisées à ce jour. L'analyse sera donc davantage orientée vers cet aspect et s'appuiera sur l'analyse comparative des tramways de Tours et Angers, en plus de travaux réalisés par des experts.

2.1 Un impact économique viable, mais freiné par la rentabilité

L'économie fait partie intégrante du développement durable. En effet, le but pour une ville durable est de favoriser une économie viable. De nombreuses études ont été réalisées à propos de l'impact économique d'un tramway dans les agglomérations françaises. Nous allons les détailler dans cette partie et en tirer les conclusions.

2.1.1 Le tramway, un instrument de développement économique

Un projet de tramway a un impact économique conséquent sur une ville. On peut distinguer deux types d'avantages économiques (Stambouli, 2005) :

Il y a dans un premier temps une interaction avec le « système économique de transport » : On observe une augmentation générale de l'offre de transport collectif et de sa fréquentation (hausse de 6% à Angers), dans le périmètre des transports urbains liés au tramway, grâce à une réorganisation du réseau (Bilan LOTI, 2016). Un développement des pratiques intermodales entre voitures - transports collectifs s'effectue grâce à la mise en place de parking-relais, engendrant une modification des parts modales au profit des transports collectifs. Le tout apporte une amélioration de l'accessibilité à partir ou vers le centre-ville.

A plus large échelle, on retrouve des interactions avec le « système économique général ». En effet, une hausse des prix des terrains à bâtir et des loyers est observée dans le corridor (400 m de part et d'autre le long de la ligne). De plus, un « effet tramway » s'applique sur la création d'emploi (Pissaloux, Ducol, 2012) : emplois directs dans l'aire urbaine liée aux chantiers du tramway, et emplois indirects grâce à la polarisation de certaines activités économiques dans le corridor, notamment à travers des ZACs. Enfin, des impacts au niveau commercial se mettent en place (Tapie, 2007) : une différenciation des commerces le long de la ligne, une amélioration de l'attractivité des zones desservies (commerces, services) notamment autour des stations, et une augmentation de l'activité commerciale des places centrales des communes périphériques, notamment grâce à l'opportunité de restructuration de celles-ci, les rendant plus attractives et vivantes.

Que ce soit au niveau des performances économiques du réseau de transport lié au tramway ou de l'économie en général dans son corridor (immobilier, emploi, attractivité, commerce), les projets de tramway peuvent avoir un impact positif non négligeable pour une agglomération. Cependant, des aspects négatifs entourent aussi ce type de projet.

2.1.2 Des coûts importants pour des retombées économiques aléatoires

L'un des inconvénients majeur est le coût d'investissement relativement élevé d'un projet de tramway, ainsi que son coût d'exploitation, qui rend ce type de projet non rentable dans la quasi-totalité des agglomérations qui l'ont adopté.

Les communes ou agglomérations l'adoptant ne peuvent payer seule ce lourd investissement, et peuvent avoir recours à des aides de financements à plusieurs échelles : européenne avec la BEI (Banque Européenne d'Investissement), nationale à travers le Grenelle I et II de l'environnement, par l'intermédiaire du FEDER (Fonds européen de développement régional), et les collectivités territoriales concernées par le projet de tramway. Une autre solution devant initialement aider à résoudre ce problème est apparue, les « PPP » : ce sont les Partenariats Publics Privés, qui consistent en une répartition de la gestion financière du projet. Il s'avère pourtant à long terme extrêmement coûteux pour les collectivités : les loyers payés au secteur privé reviennent à payer 2 à 3 fois le coût de l'équipement initial. Son surcoût par rapport à une MOP (Maîtrise d'ouvrage publique) peut dépasser les 70% (Pissaloux Ducol, 2012).

2.1.2.1 Des couts prévisionnels d'investissement systématiquement dépassés

Le tramway a un impact financier important (Pissaloux Ducol, 2012) : son coût d'investissement est très élevé (plusieurs centaines de millions d'euros), avec un coût moyen d'investissement en France de 24 millions € / km. En ce qui concerne les premières lignes de tramway de Tours et Angers, voici les données économiques utilisées pour cette analyse comparative : le cout d'investissement, la fréquentation et la rentabilité. Cette analyse prendra la forme d'un tableau comparatif à partir duquel nous tirerons des conclusions.

Critères	Tours	Angers
Longuer de la ligne (km)	14,8	12,8
Nombre de stations	29	25
Nombre d'ouvrages d'art	2	1
Emprise (m ²)	400 000	390 000
Coût d'investissement estimé	369,1 M €	240 M €
Coût d'investissement final	435,4 M €	274 M €
Dont espace vert et plateforme végétalisé	6,6 M €	
Dont espace vert et revêtement voirie et plateforme		23,9 M €
Fréquentation estimée	55 000	35 000
Fréquentation à l'inauguration	65 000	31 000
Coût d'exploitation	> recettes	> recettes

Pour la ville de Tours, La Chambre régionale des Comptes Centre Val de Loire a publié en décembre 2015 un rapport sur la première ligne de tramway. Le coût initial de 369,1 millions d'euros aurait été largement explosé, pour atteindre 435.4 millions €, soit un dépassement de 19,7 %, avec un coût au kilomètre de 29,42 millions d'euros.

Tableau 1 – Comparaison données économiques – Source des données chiffrées : RA, 2010 et Bilan Loti, 2016)

Pour la ville d'Angers, les coûts d'investissement sont élevés et ont dépassé les premières estimations, comme pour un grand nombre de projets de tramway en France. Selon le bilan LOTI publié en 2016, le budget initial était d'environ 240 millions d'euros pour un coût final de 274 millions d'euros. Même si le budget de base a été dépassé, cela reste un projet qui se situe, en termes de coût, dans la moyenne des opérations similaires menées sur d'autres agglomérations. Le cout au km est d'environ 22 millions d'euros. On peut noter que la part du budget dédié à l'aménagement des espaces verts et de l'espace public en général est assez minoritaire au regard du budget total : seulement 1.8% du budget est consacré au végétal à Tours, et 10% du budget est consacré à l'espace public (incluant les espaces verts) à Angers. Dans l'objectif d'un aménagement répondant aux attentes de la ville durable, on peut difficilement penser que ces sommes sont suffisantes et adaptées.

Cependant, ces chiffres sont à nuancer par rapport aux caractéristiques de chacune des lignes. Leur longueur, le nombre de station et l'emprise influencent directement ces prix. De ce fait, on peut constater que le prix supérieur de la ligne de Tours par rapport à celle d'Angers s'explique aussi par un quantitatif supérieur au niveau de chacun des critères présentés dans le tableau.

2.1.2.2 Une rentabilité inexistante sur le court terme

Celle-ci dépend directement de la fréquentation. Pour la ville de Tours, elle s'avère supérieure à l'estimation projetée. Alors que celle-ci annonçait « 55 000 voyages/jour », elle atteint aujourd'hui 65 000 voyages/jour. Cependant, la vérité est plus nuancée avec « 30 000 voyages par jour durant 202 jours sans école et 65 000 voyages par jour durant les 162 jours d'écoles »^[4]. Pour la ville d'Angers, la fréquentation à l'ouverture de la ligne s'avère inférieure aux objectifs (DREAL Pays de la Loire, 2012) : 31 000 voyages/jour contre 35 000 voyages/jour comme objectif à atteindre avant 2018 (Objectif atteint, avec environ 43 000 voyages/jour en 2018). Les coûts d'exploitation et des investissements hors tramway influencent aussi la rentabilité. La ville d'Angers comme la ville de Tours affichent des coûts supérieurs aux recettes tarifaires et aux contributions forfaitaires : ces lignes de tramway,

comme la plupart des lignes en France, sont donc non rentables, mais peuvent induire une augmentation de la fréquentation du réseau dans son ensemble. Etant un service public de transport en France, le tramway doit-il être rentable, ou rendre service à la population ?

2.1.2.3 *Des effets commerciaux incertains : entre conservation et renouvellement des activités*

L'un des grands arguments des collectivités et de leurs acteurs politiques pour défendre un projet de tramway sont les retombées économiques directes et indirectes. Celles-ci sont attendues à moyen terme, proportionnelles aux dépenses effectuées et aux « sacrifices » pendant les travaux du secteur commercial.

Des effets sur ce secteur se font ressentir avant et après l'inauguration d'un tramway. Les impacts du chantier peuvent avoir des effets variables. En effet, bien que les commerçants implantés sur le tracé du tramway soient souvent favorables à celui-ci, tous n'ont pas retrouvé de clientèle, d'autres ont fait faillite, à cause de difficultés d'accès. De plus, la localisation près de la station semble préférentielle pour une meilleure reprise. Certains types de commerces résistent mieux et s'adaptent, comme les « sandwicheries », qui ont une très forte capacité d'adaptation, se repliant quand il le faut près des lieux à forte activité, là où se croisent les flux. Malgré ces nombreux problèmes, aucune aide financière n'est distribuée pendant les travaux et il n'y a pas forcément de reprise du commerce, hormis dans un rayon de 100 m autour des stations. L'accès et de stationnement évoluant, les commerçants doivent choisir entre conserver la clientèle ou la renouveler s'ils veulent subsister (Tapie, 2007).

L'un des rares documents apportant des données sur l'impact d'un tramway sur le commerce est le bilan LOTI. Seule la ville d'Angers en a bénéficié en 2016, et on peut noter les impacts suivants : « à la suite de l'inauguration, il y a plus d'établissements commerciaux, mais le nombre de commerces diminue légèrement, tout comme les surfaces commerciales et le nombre d'emploi. Le solde des créations nettes est positif mais inférieur à celui d'avant l'inauguration du tramway en 2007. Tous ces effets sont difficilement imputables au tramway étant donné le contexte économique général, mais celui-ci reste une plus-value ».

2.1.3 CONCLUSION

Le projet de tramway a un impact difficilement évaluable sur l'économie de l'aire urbaine où il s'insère. Malgré quelques rares études d'impact sur le commerce, l'immobilier et l'emploi, les effets restent dépendants du contexte économique global et d'un ensemble de facteurs politico-urbanistiques propre à chaque agglomération. Néanmoins, on peut affirmer un impact global positif du tramway au niveau de l'emploi indirect créé dans différents secteurs (commerce et immobilier principalement). Ses plus grands défauts restent son financement difficile, son coût d'investissement conséquent et le manque de rentabilité à court terme quasi systématique, même si la fréquentation du réseau dans son ensemble s'améliore. Cependant, on pourrait remettre en question la nécessité de rentabilité du tramway, qui a pour but de rendre service à la population, et non de réaliser des profits économiques. Pour finir, le tramway n'est pas indispensable et d'autres alternatives (BHNS à 9 millions € / km) seraient plus adaptées à certains contextes pour obtenir une ville économiquement durable.

Pour les premières lignes de Tours et Angers, le constat est identique: même si elles sont perçues comme des indiscutables réussites techniques et esthétiques, aucune étude ne permet d'en mesurer l'impact sur leur développement économique respectif. Voici un tableau synthétique de l'impact du tramway de Tours et Angers sur le pilier économique de la ville durable, qui sera repris en conclusion finale :

Critères	Tours	Angers
Coût d'investissement	Mauvais	Moyen
Fréquentation réseau	Bon	Bon
Rentabilité	Mauvais	Mauvais

Bon
Moyen
Mauvais

Tableau 2 – Synthèse des impacts économiques du tramway
Source : Réalisation personnelle

2.2 Un impact social dépendant d'une volonté politique

L'aspect social fait partie intégrante du développement durable. En effet, le but pour une ville durable est de favoriser une société équitable. De nombreuses études ont été réalisées à propos de l'impact social d'un tramway dans les agglomérations françaises. Nous allons les détailler dans cette partie et en tirer les conclusions.

2.2.1 Une mixité et du lien social renouvelé

L'arrivée d'un tramway crée du lien social. En effet, il permet dans un premier temps d'encourager des opérations de restructuration urbaine dans le corridor tramway et le long de la ligne : construction, réhabilitation, projets d'urbanisme type ZAC (Zone d'Aménagement Concerté), et favorise le désenclavement privilégié des quartiers populaires (QP) et des zones urbaines sensibles. Le tramway offre à des populations éloignées et modestes, ne disposant pas de moyens de locomotion, un accès rapide au centre. Une certaine « Justice sociale » se développe, et une pratique renouvelée de l'agglomération y compris pour les « groupes de jeunes » qui s'approprient le centre-ville. Les usagers du tramway sont de différentes classes sociales, rendant ce moyen de transport cosmopolite. Les « Stations qui jalonnent les lignes sont appréciées pour leur nombre et le peu de distance qu'il y a entre elles, Elles servent souvent de repère dans la ville et de point de rendez-vous, de rassemblement entre amis, c'est un espace « mobile de sociabilité » (Tapie, 2007).

La première ligne d'Angers et Tours dessert une variété de quartiers, comme le montrent les figures 8 et 9. L'un des critères sur lesquels il faut s'attarder est plus particulièrement la desserte des quartiers prioritaires. En effet, ce type de quartier a toujours été délaissé par les services publics, notamment de transport, le tramway peut être un moyen de pallier ce manque. De plus l'Etat accorde des subventions lorsqu'un de ces quartiers est desservi afin d'en favoriser le désenclavement.

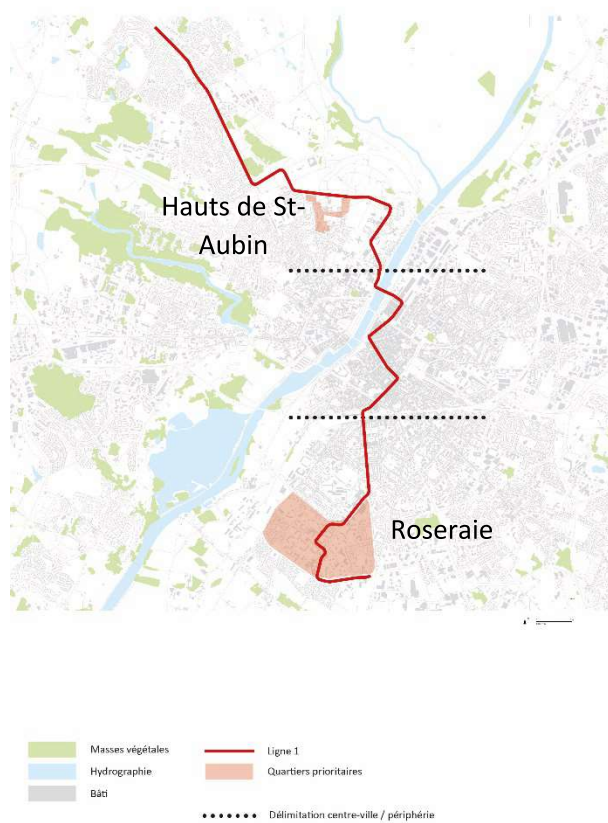


Figure 9 - Carte des quartiers prioritaires desservis par le tramway d'Angers

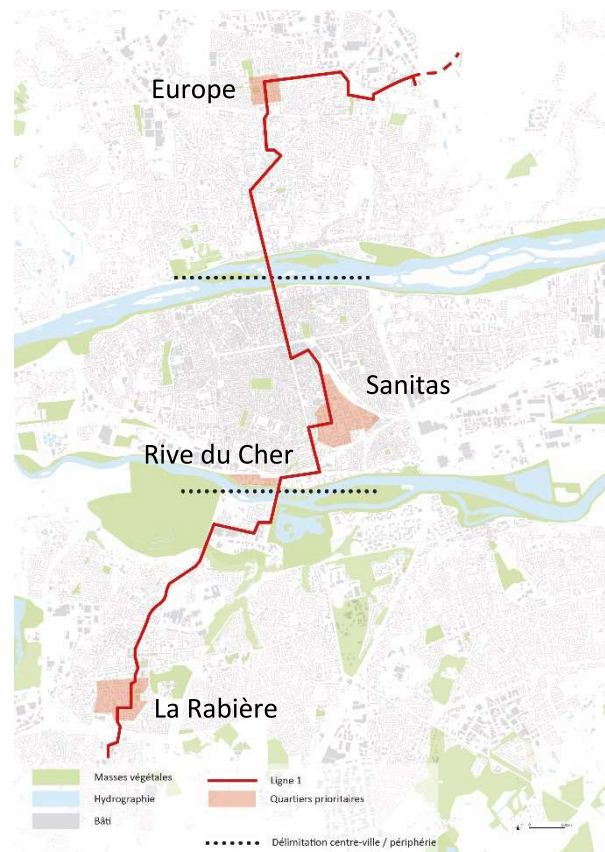


Figure 8 - Carte des quartiers prioritaires desservis par le tramway de Tours

La première ligne de tramway d'Angers ne dessert que 2 QP (quartiers prioritaires) sur 8 : les Hauts de Saint-Aubin et la Roseraie, dont un a bénéficié d'un PRNU : Programme National de Rénovation Urbaine ^[3]. D'après le bilan Loti de 2016, « les habitants de la Roseraie sont satisfaits de l'arrivée du tramway qui aura permis d'améliorer la qualité de vie dans ce quartier qui a bénéficié d'un important plan de rénovation urbaine. Malgré ces améliorations, les professionnels de l'immobilier estiment que le quartier souffre toujours d'une image négative ». Le bilan reste donc assez mitigé, l'impact du tramway étant assez minime et les effets attendus n'apparaissant pas encore.

La première ligne de tramway de Tours dessert 4 QP sur 8 : le quartier Sanitas, Europe, Rabières (Joué-lès-Tours) et les Rives du Cher, dont 3 ont bénéficié d'un PRNU (ANR, 2004). C'est un bilan positif qui va permettre de désenclaver une grande partie de la ville, de favoriser les échanges et la mixité sociale à travers un mode de transport accessible à tous.

2.2.2 Des déplacements de populations limitant « l'effet tramway »

Dans un deuxième temps, on aperçoit un net changement en matière démographique dans le corridor du tramway (mobilité résidentielle et professionnelle). En effet, l'arrivée du tramway peut favoriser la venue de cadres moyens dans les quartiers périphériques et prioritaires, engendrant une diminution de la part de population ouvrière et étrangère dans les quartiers populaires. L'arrivée d'une ligne de tramway favorise donc la mixité sociale, qui est l'un des piliers du développement urbain durable, notamment de la loi SRU. Le tramway est associé aux projets urbains de cohésion sociale, avec pour objectif général le renouvellement urbain et l'intégration socio-spatiale à l'échelle des agglomérations (Pissalous Ducol, 2012).

Cependant, cet effet peut aussi avoir un impact négatif sur le plan social. En effet, la venue de cadres moyens dans les quartiers populaires entraîne un report des populations à faible revenu encore plus en périphérie, dû à l'augmentation des prix du logement. On peut assister dans certains cas à une gentrification des lieux rénovés, qui engendre une « chasse aux personnes âgées et aux personnes défavorisées » de leur lieu de vie. Ces déplacements de population et la gentrification de quartiers fraîchement rénovés entraînent un « effet pervers » : la ville n'assure plus sa fonction de mixité sociale (Tapie, 2007).

Le désenclavement de quartiers populaires peut aussi avoir un impact négatif à plus long terme : On peut observer une déshérence maintenue ou renforcée dans les quartiers populaires traversés mais sans opération de requalification urbaine (« l'effet tunnel »), ainsi que pour les quartiers éloignés du tramway (Pissalous Ducol, 2012). Si les banlieues sont mises à l'écart, des discriminations socio-économiques sont maintenues ou apparaissent. De plus, il peut y avoir un risque de potentielle discrimination sociale à l'échelle d'agglomération et d'aire urbaine s'il n'y a pas de reconfiguration du réseau de bus pour une desserte équitable. Cette desserte non équitable de l'espace urbain et des quartiers est discriminante à l'échelle des agglomérations (centre et banlieues) et encore plus à l'échelle des aires urbaines (agglomération et communes périurbaines).

Un autre aspect peut entraîner une fracture sociale : la faible densité de station aux extrémités de lignes. En effet, « le traitement hétérogène des stations, en particulier aux extrémités des parcours du tramway, peut renforcer un sentiment de discrimination auprès de la population locale, voire accroître celui de l'insécurité, et conduire dans ces cas-là vers une disparité sociale » (Redondo, 2012). Loin d'homogénéiser, le tramway est alors perçu comme une source d'enclavement de certains lieux de vie. Des recherches menées sur les projets des tramways de Clermont-Ferrand ainsi que de Saint-Étienne, qui ont mis en lumière des

disparités spatiales qui favoriseraient l'enclavement de certains sites stratégiques pour le développement socioéconomique de l'agglomération (Semmoud, 2004).

Ces différents aspects indispensables pour obtenir une ville socialement équitable ont été pris en compte pour les premières lignes de Tours et Angers. Même si des quartiers populaires restent non desservis par la première ligne de tramway, ils le seront à travers des futures lignes de tramway ou de bus. De plus, « l'effet tunnel » de quartier prioritaire est limité pour Tours, avec ¾ des QP concernés par un PNRU. Angers affiche un risque plus élevé d'effet tunnel, avec seulement ½ des QP d'Angers concernés par un PNRU. Pour les risques induits par la faible densité de station en extrémité de ligne, Tours et Angers ne sont pas concernés, comme l'atteste le tableau suivant :

Nombre de stations / km	Tours	Angers
Centre-ville	2,3	2,4
Périphérie Nord	2	1,8
Périphérie Sud	1,45	1,7
Total périphérie	1,8	1,75
Total ligne	1,95	1,95

On constate que la répartition des stations est assez homogène : même si les centre-villes respectifs de Tours et Angers profitent d'un nombre légèrement supérieur de stations au km, il reste proche de celui du reste des tracés, plus particulièrement pour la ville d'Angers.

Tableau 3 - Nombre de stations / km à Tours et Angers
(Source des données : RA, 2010 et Aup et al., 2006)

2.2.3 Sécurité et démocratie, autres aspects impactés par le tramway

Un autre critère est la sécurité vis-à-vis des citoyens. En effet, l'arrivée du tramway redessine le partage de l'espace public, ayant des impacts que nous allons détailler en partie suivante. Il est aussi un moyen de transport sécurisant pour les usagers, davantage que d'autre moyen de transports. A Angers, le nombre d'accidents liés au tramway est faible, en dessous de la moyenne nationale : 20 accidents/an (Bilan LOTI, 2016). A Tours, il y a 24 accidents/an en moyenne. Ce résultat est plutôt négatif, les accidents sont nombreux, notamment les accrochages avec des voitures. Depuis son ouverture, il y a eu plusieurs blessés graves (piétons et cyclistes) et un décès. Cependant, le réseau tourangeau est classé parmi les moins accidentogènes du pays^[6].

On peut noter qu'il y a aussi des améliorations sur le plan démocratique : la démocratie locale se développe avec les procédures de concertation et les enquêtes publiques obligatoires, les débats publics engendrés, ainsi que la mobilisation citoyenne. Tout ceci contribue à la dimension démocratique du développement durable.

2.2.4 CONCLUSION

Comme pour le pilier économique, l'impact du tramway sur l'aspect social de la ville durable est assez complexe à estimer. Cependant, de nombreuses études s'accordent sur le fait que le tramway est dans la majeure partie des cas une plus-value à ce niveau-là. En effet, il joue pleinement son rôle de vecteur de mixité sociale par la requalification des espaces publics, l'aménagement de nouveaux lieux de vie, et la connexion de populations aux profils variés. Mais ce rôle s'applique uniquement si une volonté politique forte accompagne le projet de tramway, avec des opérations de renouvellements urbains de quartiers prioritaires par exemple. En effet, quelques cas prouvent que le tramway engendre des effets pervers ou inverses. La gentrification de lieux desservis, le déplacement de population défavorisée encore plus en banlieue, le manque de politique de rénovation urbaine et une desserte inéquitable engendrent une discrimination socio-économique à différentes échelles géographiques.

Voici un tableau synthétique de l'impact du tramway de Tours et Angers sur le pilier social de la ville durable, qui sera repris en conclusion finale :

Critères	Tours	Angers
Quartier Prioritaire desservi	Bon	Moyen
Densité de station homogène	Bon	Bon
Sécurité	Moyen	Bon

	Bon
	Moyen
	Mauvais

Tableau 4 - Synthèse des impacts sociaux du tramway
Source : Réalisation personnelle

2.3 Le tramway, vecteur d'un nouveau mode de développement urbain

De nombreux critères pourraient être pris en compte pour cette analyse comparative, tant le sujet environnemental est vaste. Cependant, pour ne pas faire de généralités, cette analyse se concentrera sur 4 aspects déterminants et en lien avec un projet de tramway dans la ville durable.

Le premier est la lutte contre l'étalement urbain. En effet, le projet de tramway jouit d'une étroite relation avec le développement urbain qui doit prendre une nouvelle forme, favorisant mixité et densité. Le second est la biodiversité, enjeu majeur de nos territoires, tant en termes de faune que de flore. La surface des milieux urbains augmentant inexorablement partout dans le monde, on ne peut passer outre cette thématique. Pour juger l'impact sur la biodiversité, on traitera plus spécifiquement la plurispécificité de la palette végétale et l'origine géographique des essences utilisées. Le troisième est l'ensemble des solutions de lutte contre les îlots de chaleur urbains, principaux fléaux de nos villes aujourd'hui. Le but est d'obtenir un aménagement plus perméable, réfléchissant, végétalisé et arboré. Pour cela, on jugera l'impact d'un projet de tramway à travers 3 critères principaux : perméabilité, végétalisation et albédo. Enfin, le bilan carbone général d'un projet de tramway sera abordé, afin de prendre conscience de l'impact réel et global d'un projet sur notre planète.

2.3.1 Le tramway, potentiel outil de lutte contre l'étalement urbain

L'un des enjeux principaux de la ville durable est la lutte contre l'étalement urbain, comme expliqué en première partie de ce mémoire (1.2.2.2). Les solutions de lutte prennent la forme d'un équilibre entre densité et mixité urbaine, nouvelle forme de développement urbain nécessaire au bon fonctionnement de notre société. En ce sens, le projet de tramway peut être un véritable levier de dynamisme. Sa particularité est sa capacité à jongler entre les différentes échelles urbaines composant un territoire, dont la plus appropriée est celle de l'agglomération. Dans l'idéal, celui-ci s'inscrit dans le développement urbain durable décrit par des documents d'urbanisme (PLU, SCOT, PADD).

Dans son corridor élargi, une densification de l'habitat et des activités s'opère, luttant ainsi contre l'étalement urbain. Le tramway est un levier important pour les opérations d'aménagements envisagées mais retardées / en attente (Pissaloux, 2012). En effet, les ZAC et les quartiers prioritaires sont intégrés pour une recomposition urbaine complète. Il devient alors l'épine dorsale restructurant une agglomération. Les figures 10 et 11 témoignent de « l'effet tramway » sur les projets urbains pour les agglomérations angevines et tourangelles.

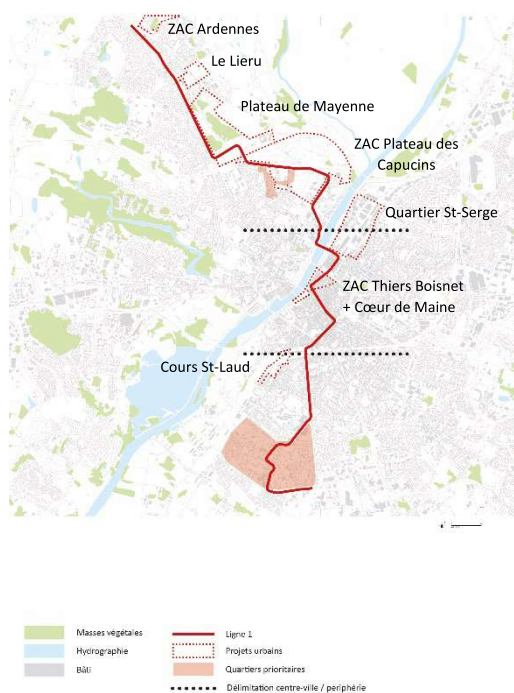


Figure 11 - Carte des projets urbains à Angers (Source des données : AUP et al., 2006)

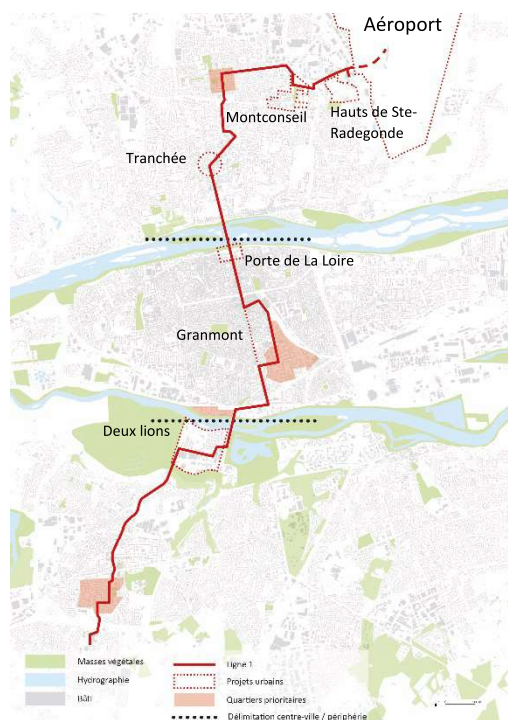


Figure 10 - Carte des projets urbains à Tours (Source des données: Richez Associés, 2010)

La ville d'Angers a bénéficié depuis et après l'arrivée de la première ligne de tramway de pas moins de 8 projets urbains (AUP et al., 2006) et de 2 opérations de renouvellement urbain, dont certaines sont en cours. Pour la ville de Tours, 6 projets urbains ^[16] et 4 opérations de renouvellement urbains se situent le long de la première ligne. A travers les ZAC, un développement ou renouvellement urbain mixte proposant logements, bureaux et commerces voit le jour, répondant aux enjeux de la ville durable : densification et mixité pour lutter contre l'étalement urbain.

Dans son corridor réduit, les espaces publics concomitants et le patrimoine architectural et paysager font peau neuve, à travers une requalification ou rénovation urbaine. C'est le cas notamment dans les centres-villes traversés au sein de l'agglomération. Pour cela, le tramway a le formidable avantage d'offrir une opportunité de refaçonner la ville en transformant son image. En effet, ses grandes vitres et la variété de quartiers traversés lors de son parcours offrent une nouvelle mise en scène de la ville, à l'instar d'une carte postale. Son passage permet de revaloriser le patrimoine et l'architecture présente dans son corridor immédiat, où ancien et moderne cohabitent pour sublimer les monuments (Tapie, 2007).

Cependant, la mise en valeur du patrimoine architectural et paysager d'une ville pour refaçonner son image, notamment en son centre, peut avoir l'effet inverse que celui décrit précédemment. En effet, l'interaction avec ce patrimoine n'est pas pour autant améliorée et les centres redynamisés. Le tramway peut avoir l'effet de figer les monuments existants dans un décor théâtral, et de conforter cette perte d'âme actuelle de certains centres-villes qui se meurent. Ceux-ci deviennent alors des coquilles vides, véritables villes musées, qui sont confortés par une politique culturelle sans ambitions ou moyens. Le tramway devient alors un simple outil de marketing urbain, vendant une image d'une ville muséifiée pour servir un discours politique. Il porte alors une responsabilité dans la cristallisation des centres-villes (Tapie, 2007). On peut observer ce phénomène à Tours dans une certaine mesure : la piétonisation le long du tramway, au sein du secteur sauvegardé en centre-ville, pourrait engendrer les mêmes effets contraires à la lutte contre l'étalement urbain : quand les centres-villes perdent en attractivité, de nouvelles polarités apparaissent ailleurs, souvent en périphérie, favorisant l'étalement urbain.

Si la multiplicité des échelles n'est pas prise en compte dans son ensemble, le projet de tramway ne répond qu'en partie aux enjeux de la ville durable. Dans une dynamique de lutte contre l'étalement urbain, les centres-villes comme les agglomérations se doivent d'enclencher une dynamisation et une mutation vers un développement urbain mixte et densifié.

Après avoir abordé dans une certaine mesure les impacts du tramway sur la lutte contre l'étalement urbain, ce mémoire consacrera la partie suivante à l'un des enjeux majeurs de la ville durable : la biodiversité.

2.3.2 Une biodiversité en renouvellement

La fragmentation des habitats naturels est l'un des principaux facteurs de réduction de la biodiversité (SCOT agglomération Tourangelle, 2013). De plus en plus d'agglomérations mettent en place une trame verte et bleue, qui vise à maintenir et à reconstituer un réseau d'échanges pour que les espèces animales et végétales puissent circuler, s'alimenter, se reproduire et assurer ainsi leur cycle de vie. Elle joue un rôle essentiel pour la préservation de la biodiversité, capital naturel aujourd'hui menacé.

Le projet de tramway peut avoir un impact direct sur cette biodiversité : son corridor est souvent constitué d'une « coulée verte », répartie en différentes strates végétales (arborées, arbustives et herbacées). Elle offre à un certain nombre d'espèces (animales et végétales) de nouvelles connections et habitats à travers des plantations d'arbres et de massifs végétalisés, et répare ainsi, dans une certaine mesure, la fragmentation des habitats naturels.

Ces plantations ont d'autres impacts bénéfiques sur l'environnement : les arbres apportent de l'ombre et diminuent la température, permettant ainsi de lutter contre les îlots de chaleur. Quand la gestion des eaux pluviales est prise en compte, les espaces verts sous forme de noues peuvent récupérer les eaux pluviales, et ainsi en améliorer leur gestion et la résistance aux inondations et aux tempêtes. De plus, les espaces verts en général diminuent la perméabilité des milieux urbains. En effet, le rapport minéral-végétal est essentiel pour obtenir un espace public de qualité pour l'environnement comme pour les citoyens. La présence de végétaux est donc indispensable et complémentaire, apportant des atouts qu'un revêtement minéral ne possède pas forcément : perméabilité, fort albédo, rafraîchissement d'un lieu par ombrage et évapotranspiration, filtration de l'air et rejet d'oxygène (ADEME, 2012).

Pour juger l'impact du projet de tramway, deux critères principaux seront pris en compte : la plurispécificité de la palette végétale et l'origine des essences utilisées, aspects déterminants pour obtenir une biodiversité optimale et résiliente dans le temps, répondant aux enjeux de la ville durable.

2.3.2.1 Une plurispécificité de la palette végétale variable selon les projets de tramway

La palette végétale est un aspect primordial dans un projet paysager qui se doit d'accompagner tout projet de tramway. Au-delà de son aspect esthétique, elle permet d'apporter une certaine lisibilité dans la perception d'un lieu. Le choix des essences végétales constitue la partie la plus importante : il dépend du contexte où le projet s'insère et influe directement sur la durabilité d'un projet, en termes de maintien des essences dans le temps et de biodiversité. Plus un projet est composé d'essences et de strates végétales variées et indigènes, plus il est durable et favorable à la mise en place d'un écosystème riche en biodiversité floristique, mais aussi faunistique.

Pour ces raisons, l'un des critères d'analyse est la plurispécificité végétale d'un projet. Nous allons comparer un ensemble de données chiffrées sur les projets de Tours et Angers afin de déterminer s'il favorise la mise en place d'une biodiversité durable. L'un des premiers critères est le nombre d'espèce total par strate végétale. Pour simplifier les données, nous allons séparer les strates en deux catégories : les arbres et les autres plantations hors plateforme (arbustes, graminées, vivaces, couvre sol).

Espèces dominantes	Nombre de sujets	Pourcentage %
<i>Acer campestre</i>	235	10,5
<i>Acer cappadocicum</i>	114	5,1
<i>Aesculus x carnea 'Bruiotii'</i>	66	2,9
<i>Carpinus betulus</i>	156	7,0
<i>Carpinus betulus rideau</i>	44	2,0
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	58	2,6
<i>Liquidambar styraciflua</i>	69	3,1
<i>Prunus sargentii</i>	39	1,7
<i>Quercus petrae</i>	136	6,1
<i>Quercus cerris</i>	169	7,5
<i>Tilia cordata</i>	38	1,7
Autres espèces	1120	49,9

Tableau 6 - Répartition des espèces à Tours (Source : RA, 2010)

Espèces dominantes	Nombre de sujets	Pourcentage %
<i>Liquidamba styraciflua</i>	150	17,9
<i>Carpinus betulus</i>	77	9,2
<i>Quercus robur</i>	101	12,1
<i>Tilia tomentosa</i>	95	11,3
Autres espèces	415	49,5

Tableau 5 - Répartition des espèces à Angers (Source : RA, 2010)

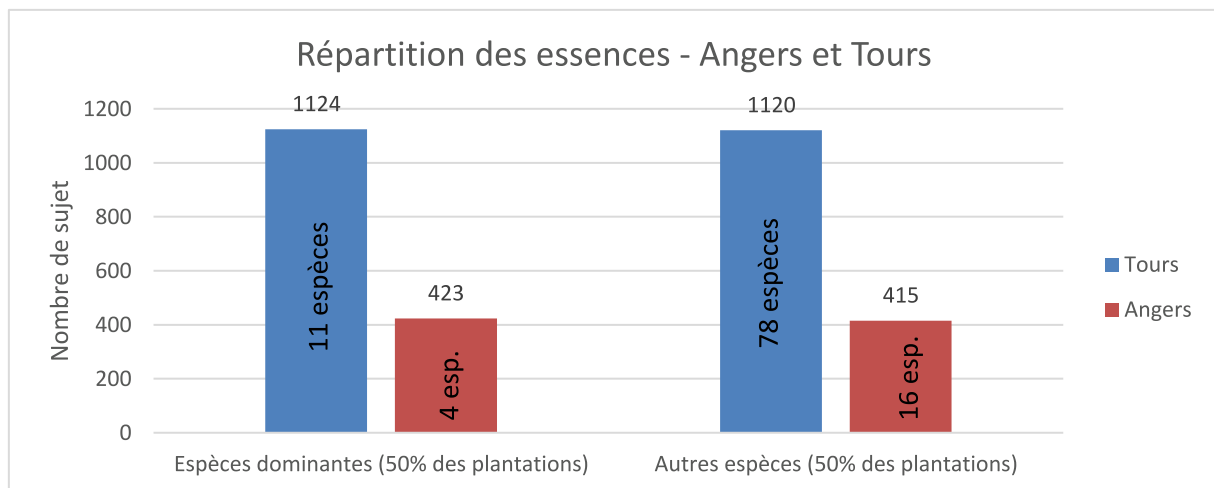


Figure 12 – Répartition des essences entre Angers et Tours (Source des données: RA, 2010 et AUP et al., 2006)

D'après la figure 2, les lignes de tramway se distinguent clairement pour la catégorie arbres. La première ligne de Tours se compose d'un total de 89 espèces d'arbres. Parmi ces 89 espèces, seulement 11 espèces représentent 50% des plantations. L'espèce la plus présente est l'*Acer campestre* représentant à lui seul 10.5% des espèces d'arbres (voir tableau 6). Viennent ensuite le *Carpinus betulus* et le *Quercus petraea*. Les 58 espèces restantes se partagent les autres 50%. Les tableaux complets sont disponibles en annexe I et II.

Le constat est pire pour la première ligne d'Angers : elle ne se compose que d'un total de 20 espèces d'arbres différentes. Parmi ces 20 espèces, seulement 4 espèces représentent 50% des plantations. L'espèce la plus présente est le *Liquidamba styraciflua*, représentant à lui seul 17.9% des espèces d'arbres (voir tableau 5). Viennent ensuite le *Quercus robur*, le *Tilia tomentosa* et *Carpinus betulus*, notamment grâce à sa présence systématique en station. Les 16 autres espèces se partagent les 50% restant, avec en tête le *Fraxinus americana*, suivi par le *Carpinus betulus* 'Frans Fontaine' et le *Liriodendron tulipifera* 'fastigiata' (voir annexe).

Pour la catégorie « autres plantations », seules les données du nombre d'espèces différentes sont disponibles. Tours recense au total 43 espèces différentes, alors qu'Angers ne recense qu'au total environ 30 espèces différentes (voir annexe III et IV).

Globalement, on constate que la première ligne de tramway de Tours présente une plurispécificité plus importante que celle d'Angers : le nombre d'essences des deux catégories végétales est supérieur (89 essences d' « arbres » contre 20, 43 « autres plantations » contre 30), et la répartition des essences entre elles est plus hétérogène (11 espèces = 50% contre 4 espèces pour Angers). Il en va de même pour le nombre de plantations : 2244 pour Tours, et 838 pour Angers, alors que l'emprise du projet est similaire pour les 2 villes : 400 000m² pour Tours et 390 000 m² pour Angers. Avant de tirer des conclusions, il est important de tenir compte du parti pris des aménageurs du projet.

Pour Angers, le projet de tramway a cherché à représenter le savoir-faire horticole de la région (maîtrise de l'homme sur le végétal par la conduite des végétaux). Pourtant, la gamme végétale a été choisie avec objectif d'être facilement identifiable par tout un chacun, et de ne créer ni rupture, ni effet de mode. Pour cela, des végétaux de grandes masses ont été utilisés, avec un nombre limité d'essences, afin d'éviter un effet « exposition botanique » ou « jardin horticole » (AUP et al., 2006). Le contexte a été mis de côté au profit de la lisibilité et de la perception des lieux traversés.

Alors que pour Tours, le but était d'affirmer une identité paysagère qui les a conduits à réfléchir sur le choix des essences végétales, sachant que le choix final s'est fait en fonction de la

spécificité du site, mais aussi des contraintes pour le futur développement de l'arbre et des structures végétales existantes (Richez Associés, 2010). Tours étant une agglomération marquée par la culture du jardin et des grands alignements, l'insertion du tramway a ouvert un nouveau potentiel d'inscription de celle-ci dans son patrimoine végétal, et on le ressent à travers les données traitées précédemment. Cependant, le nombre d'essences et d'arbres aurait pu être supérieur, mais l'ABF (Architecte des Bâtiments de France) a refusé toutes plantations d'arbre en centre-ville contre la volonté de la collectivité.

Pour conclure, la première ligne de Tours présente une meilleure plurispécificité que celle d'Angers, cela grâce à la diversité de la palette végétale et au parti pris des aménageurs qui ont mieux tenu compte du contexte où le tramway s'insère. Malgré tout, ces résultats positifs pour la ville de Tours peuvent être nuancés par la faible homogénéité de la palette arborée, qui reste un point à améliorer pour favoriser une meilleure biodiversité.

2.3.2.2 Adaptation aux changements climatiques : essences indigènes ou exotiques ?

Avec l'effet de la mondialisation, de plus en plus d'espèce exotiques se sont démocratisées et répandues à travers le monde. On peut trouver en pépinière européenne aujourd'hui une large gamme d'espèce végétale, indigène ou exotique. Avant de débiter l'analyse, il est important de définir ces termes.

Le terme d'indigène se dit « d'un végétal du cortège originel de la flore d'un territoire colonisé naturellement ou par l'action de l'homme et dont la présence dans le territoire est attestée avant l'année 1500. Cette date est caractérisée comme le début de la mise en place des grands flux intercontinentaux, notamment avec les premières espèces venant du continent américain. Ces plantes, bien adaptées au sol et au climat répondent mieux aux besoins de la petite faune » (Ville de Paris, 2013). Le terme exotique se dit d'un végétal du cortège non originel de la flore d'un territoire, colonisé par l'action de l'homme dans la plupart des cas.

Pour favoriser la biodiversité, il est recommandé d'utilisé des espèces locales dites indigènes, et d'éviter les espèces invasives et allergènes, notamment en milieu urbain. Cela s'explique par l'aspect biodiversité, car la plante s'insère dans un écosystème dont elle est originaire et pourra mieux résister aux aléas et contraintes du milieu grâce à sa rusticité. Une plante exotique qui s'insère dans un écosystème étranger ne présentera que dans une moindre mesure ces avantages d'adaptabilité et de rusticité. Elle sera plus sensible aux aléas et contraintes d'un site. C'est pour cela que le critère de la provenance se révèle pertinent : il témoigne d'une biodiversité durable dans le temps d'un projet. Nous allons donc déterminer la répartition des espèces indigènes et exotiques dans les premières lignes de tramway de Tours et Angers à travers les graphiques des figures 13 et 14 :

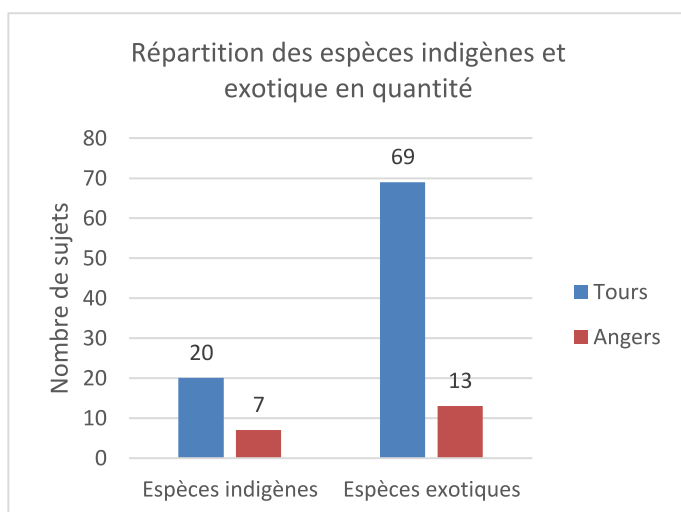


Figure 14 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en quantité (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)

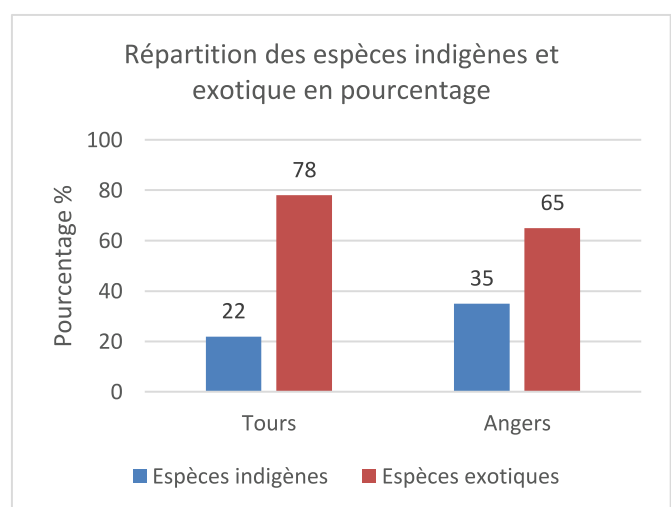


Figure 13 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en % (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)

On peut constater que dans les deux villes, la palette végétale se compose d'une majorité de plantes exotiques : 69 espèces soit 78% pour Tours et 13 espèces soit 65% pour Angers. Dans un premier temps, on peut conclure que ces résultats sont inadaptés à la mise en place d'une biodiversité durable, les essences exotiques étant moins rustiques et adaptées au milieu, n'offrant pas d'écosystème favorable à la faune et flore.

Cependant, l'histoire et l'action de l'homme font que de très nombreuses plantes exotiques se sont répandues dans le monde, et se sont adaptées plus ou moins bien au site en fonction du contexte et de l'espèce de la plante. Parfois, il arrive même que certaines espèces s'adaptent mieux que des espèces indigènes, c'est le cas du Robinier introduit en France en 1601 par Jean Robin que l'on peut retrouver en milieu naturel en France. La problématique du changement climatique vient aussi remettre en cause ces affirmations : les effets se font déjà ressentir depuis quelques années et des recherches et retours d'expérience sur cette évolution du climat et son impact sur la végétation ne sont encore qu'à l'état d'embryon. On peut tout de même citer les exemples de *Quercus (petraea, robur et cerris)* qui sont présents en majorités à Tours et Angers, qui ont une difficile reprise après la plantation et qui résistent très mal à la sécheresse et aux fortes chaleurs, de plus en plus fréquentes avec le changement climatique actuel. Ces données seraient néanmoins indispensables pour répondre aux objectifs du milieu urbain de demain : la mise en place d'une biodiversité durable à travers un choix cohérent et adapté de la palette végétale.

2.3.2.3 Bilan vert : un gain d'arbre systématique

Pour chaque projet de tramway, un bilan vert est systématiquement réalisé : il témoigne de la différence entre nombre d'arbres supprimés et plantés. C'est une donnée facilement assimilable par l'ensemble de la population que les élus aiment communiquer pour prouver la valeur ajoutée d'un projet aux impacts conséquents pour les citoyens. Au-delà de cet aspect de communication, le bilan vert traduit des données pertinentes pour juger la biodiversité d'un projet de tramway. L'évolution du nombre de sujets, et donc l'importance de l'impact positif d'un arbre en ville : habitat de faune et flore, rafraîchissement de l'air par évapotranspiration, et ombrage, filtration de l'air et meilleure gestion de l'eau par le sol, perméable. Voici donc à travers le tableau 7, les bilans verts des premières lignes de tramway de Tours et Angers :

	Angers	Tours
Arbres supprimés	622	1085
Arbres plantés	1057	2319
BILAN	435	1234

Tableau 7 - Bilan vert de Tours et Angers (Source des données : Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)

On peut constater que pour chacune des lignes de tramway, le bilan vert est positif : il y a un gain du nombre d'arbres, plus important à Tours qu'à Angers. Ces résultats favorisent la biodiversité globale du projet de tramway, et répondent donc aux enjeux de la ville durable. Pour un

appui visuel, voir les annexes V et VI présentant un plan des abatages et plantations d'arbres à l'échelle du tramway dans sa globalité.

2.3.2.4 La plateforme végétale et perméable, atout majeur pour la biodiversité

Depuis plusieurs années, - plus timidement en France qu'en Europe - la gamme végétale s'enrichit, allant de l'enherbement spontané aux couvre-sols, de plus en plus utilisés. L'emprise de la plateforme étant considérable à l'échelle de la ville, son aménagement est déterminant sur le cadre de vie des habitants. L'infrastructure du tramway est un espace pratique, car exclusivement utilisé par le mode de transport. Cette particularité, rare dans l'espace urbain, autorise de détourner ses surfaces au profit de la nature.

La végétation est de faible hauteur. Elle peut être cultivée de manière homogène ou en mélange, selon une géométrie complètement libre. La lecture des saisons est enrichie au travers de variations de couleurs et de texture, et cette lisibilité aide à la sécurisation du site et à l'intégration urbaine du projet. Elle contribue à une harmonie entre ville et nature tant dans sa dimension paysagère que durable, en innovant quant à la consommation des eaux d'arrosage quand elle est couplée avec une structure perméable de plateforme.

Elle joue un rôle majeur dans l'absorption des nuisances générées par le tramway, à savoir, les vibrations, la réverbération et régule la température due à la plateforme en béton en rafraîchissant l'atmosphère. Elle permet, de plus, la dépollution des eaux de la plate-forme et le stockage en cas de fortes pluies, limitant les rejets au réseau d'assainissement (RA, 2010).

En termes de biodiversité, la plateforme végétalisée a aussi son propre rôle : si un nombre important d'espèces herbacées ou de couvre-sols est utilisé, elle offre de nombreux habitats apportant une diversité faunistique (microorganismes du sol, insectes, notamment pollinisateurs, oiseaux) et floristique importante en milieu urbain. C'est donc sur cette plurispécificité de la palette végétale que nous allons juger quel est le moyen de végétalisation de la plateforme qui répond au mieux aux objectifs d'une ville durable. Le tableau 8 ci-dessous présente le type de végétalisation de la plateforme pour les premières lignes de tramway d'Angers et Tours :

NATURE DU SOL	ANGERS SUPERFICIE %	TOURS SUPERFICIE %
Plateforme minéral	35	50
Plateforme végétale	65	50
gazon classique (3 espèces de graminées)	100,0	18,8
gazon rustique (1 espèce de graminée)		33,4
mélange herbacée (17 espèces de graminées et vivaces)		41,8
couvre sol		6,0

D'après le tableau 8, on peut constater deux données intéressantes.

La première est que Tours et Angers ont chacune plus de 50% de plateforme végétalisée, Angers en tête avec 65% (voir annexe VII et VIII). Comparé à l'espace public compris dans l'emprise du projet présenté dans la partie 2.3.3, ces ratios sont corrects et permettent à la biodiversité de s'exprimer à travers un corridor, même si

cette végétalisation est fragmentée en de nombreux points (carrefours, places, etc...).

La seconde est le nombre d'espèces différentes utilisées pour l'engazonnement de la plateforme. On peut constater que la biodiversité est incontestablement plus présente pour le tramway de Tours : en effet, en termes de diversité d'espèces utilisées, Angers n'affiche que 3 espèces différentes dans un gazon classique, alors que Tours présente plus de 20 espèces différentes répartis sur 4 modalités d'engazonnement (voir liste des espèces en annexes 3 et 4). Cependant, la répartition de ces modalités est assez hétérogène : 17 espèces sont présentes sur 40% de la superficie, 1 espèce sur 33%, 3 espèces sur 19%, le reste en couvre sol. Ceci s'explique par le contexte d'insertion de ces mélanges herbacés : zone urbaine, périphérique, ombragée ou ensoleillée. Angers présente une répartition plus homogène, due à l'utilisation d'un seul mélange.

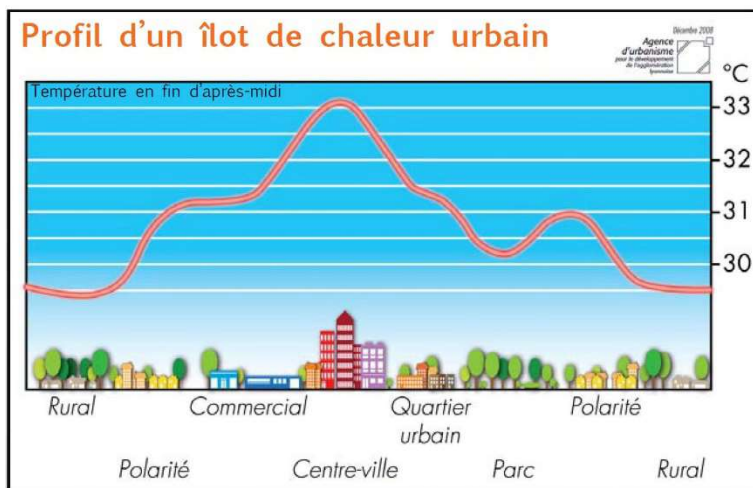
Malgré une plus grande surface végétalisée de la plateforme d'Angers, on peut conclure que Tours offre une meilleure biodiversité qu'Angers et sa plateforme monospécifique, grâce à sa plateforme végétale plurispécifique. Ceci offre un aménagement qui répond aux objectifs de la ville durable, offrant un gain de surface végétale important, là où il n'y avait rien auparavant.

Malheureusement, une maintenance inadaptée a conduit à l'échec des trois types de végétalisation mis en œuvre sur la première ligne de tramway de Tours. Il n'a pas été réalisé d'économies et les plantes vivaces xérophiles ont disparu au profit des graminées de gazon d'ornement classique. L'entretien est donc un aspect primordial d'un aménagement paysager accompagnant un projet de tramway pour atteindre les objectifs d'économies de maintenance et de coût répondant aux enjeux de la ville durable (Richez Associés, 2010).

Après avoir analysé l'impact environnemental d'un tramway à travers la biodiversité, nous allons voir dans quelle mesure un projet de tramway permet de lutter contre un second enjeu principal du milieu urbain : les îlots de chaleur urbains

2.3.3 Un potentiel inexploité pour la lutte contre les îlots de chaleur urbains

Le phénomène dit « d'îlot de chaleur urbain, ICU » correspond à l'observation de différences sensiblement positives entre les températures de l'air mesurées en site urbain et celles des campagnes environnantes. L'évolution spatiale de la température se traduit par un pic semblable à un « îlot », comme l'atteste la figure 15 ci-contre.



L'effet d'îlot de chaleur urbain suit la morphologie urbaine. Ainsi, des écarts de température notables sont observés aux frontières marquées entre milieu rural et urbain. L'apparition d'ICU a des origines naturelle (phénomène climatique et météorologique) et anthropique : l'urbanisation et l'albédo des matériaux urbains utilisés.

D'un point de vue physique, l'urbanisation est la substitution du couvert végétal par des surfaces minérales (CSDAzur et

al., 2010). De ce fait, une imperméabilisation des sols s'effectue et engendre de terribles conséquences accentuant l'effet îlot de chaleur urbain. En effet, l'avantage d'un sol perméable et/ou végétalisé est de favoriser le rafraîchissement du milieu par évapotranspiration du sol et/ou des plantes. Il permet aussi une meilleure gestion des eaux pluviales et augmente la résilience face à des aléas climatiques (tempête, inondation). En milieu urbain, les contraintes et modes de vie rendent indispensable la présence d'une part de surface minérale pour assurer les usages de l'espace public et de nos sociétés. Cependant, un équilibre doit être atteint entre surface perméable et imperméable et entre surface végétale et minérale, afin d'offrir un cadre de vie durable pour l'environnement et la population.

L'albédo, second critère, correspond au rapport entre l'énergie solaire réfléchi et l'énergie solaire reçue. Il s'exprime en fraction de 0 à 1, où 1 représenterait une surface qui réfléchirait 100 % de l'énergie et 0 une surface qui absorberait entièrement les rayonnements sans aucune réflexion. Ainsi, une surface dont l'albédo est inférieur à 0,03 (ou 3 %) est perçue comme noire, celle dont l'albédo est supérieur à 0,8 (ou 80 %) est perçue comme blanche. Une surface parfaitement blanche ou un miroir parfait réfléchi 100 % de la lumière, et a donc un albédo de 1, à l'inverse, une surface parfaitement transparente ou d'un noir parfait a un albédo de 0. Appliquée aux matériaux urbains, cette donnée physique détermine leur capacité d'absorption ou de réflexion de l'énergie reçue et ainsi leur température. Un matériau à faible albédo absorbe plus d'énergie, et donc de chaleur, sa température de surface (c'est à- dire à son contact) sera alors plus élevée (IAU idf, 2010).

Il a été estimé que les surfaces foncées pouvaient représenter plus de 40% de la superficie d'une ville (Ademe, 2012). Très fréquemment de l'asphalte ou du béton, ces revêtements ont un albédo très faible ce qui signifie qu'ils réfléchissent peu les rayons du soleil et

emmagasiner de la chaleur. Il en résulte une élévation de la température ambiante, typique de l'effet d'îlot de chaleur urbain. Pour ces raisons, l'albédo des matériaux et revêtement de sol est un critère indispensable pour favoriser une diminution du risque d'apparition d'ICU.

D'autres critères sont également à prendre en compte pour diminuer les ICU, comme l'atteste la figure 14, qui présente la hiérarchisation des éléments influents sur l'augmentation des ICU. La morphologie urbaine à travers l'aérodynamique ou les itrans (chaleur émise par les modes de déplacement motorisés) sont aussi des facteurs à prendre en compte.

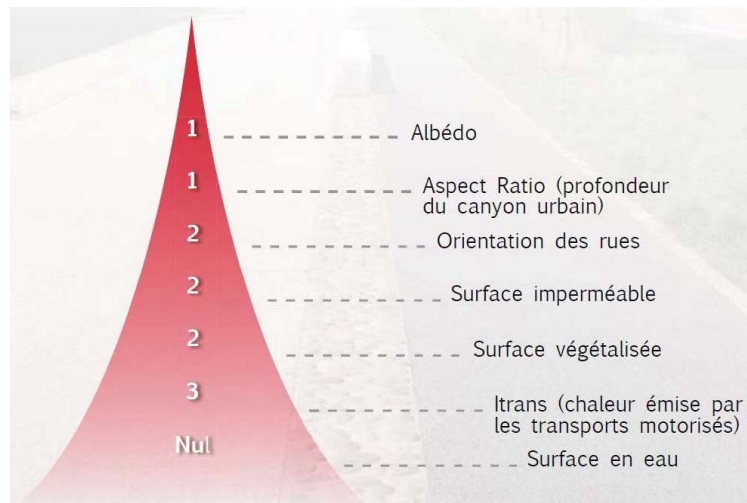


Figure 16 - Schéma de la hiérarchisation des éléments influents sur les ICU © Grand Lyon, 2010

La réduction des îlots de chaleur implique une meilleure organisation des zones urbaines et des transports et une modification de l'utilisation des terrains. Plus particulièrement dans l'organisation des zones urbaines, la réduction des ICU passe par un choix adapté du matériau, tout en favorisant la part du végétal et la part de surface perméable. Dans les zones densément urbanisées, l'espace public représente 50% de la surface occupée (Grand Lyon, 2009). L'impact de l'albédo de ces espaces sur l'albédo général de la ville est toujours très significatif. C'est donc sur ces 2 critères que reposera cette étude comparative entre les premières lignes de tramway d'Angers et de Tours : la part des surfaces perméables et végétalisées dans l'espace public ainsi que l'albédo des matériaux utilisés, à travers la requalification de l'espace public.

2.3.3.1 Améliorer la perméabilité et la végétalisation de l'espace public

Le partage de l'espace public a toujours suscité débat pour les aménageurs. Il dépend de nombreux critères comme la dimension du profil, les usagers, les flux de circulation, les réseaux, etc... Le but est de trouver un partage équilibré et adapté au contexte du lieu. La hiérarchisation actuelle des types d'espaces à privilégier dans un projet de tramway est la suivante : plateforme tramway, voirie (+ stationnement), trottoir, piste cyclable et enfin plantations quand cela est possible. De ce fait, la part des surfaces perméables et végétales est assez compromise. Malgré tout, certains projets font preuve d'innovation et favorisent les piétons-cycles et plantations à la voirie-stationnement.

Pour rappel, la perméabilité et la végétalisation de l'espace public apporte de nombreux avantages environnementaux et favorise la diminution des effets îlots de chaleur urbains. Plus un espace est perméable, plus il favorise le rafraîchissement du milieu par évapotranspiration du sol et/ou des plantes. Il permet aussi une meilleure gestion des eaux pluviales et augmentent la résilience face à des aléas climatiques.

Nous allons donc analyser quelques données chiffrées qui attesteront la volonté ou non du projet de tramway à favoriser un partage de l'espace public optimal afin d'obtenir un aménagement durable qui

NATURE DU SOL	ANGERS	TOURS
	SUPERFICIE %	
SURFACE VEGETALISEE	30,3	22,0
Surface végétalisé (hors plateforme)	13,6	11,3
Plateforme végétalisée	16,7	10,8
SURFACE MINERALE	69,7	78,0

Tableau 9 - Répartition des surfaces végétales et minérales à Tours et Angers (Source données: Richez Associés, 2010 et AUP et al., 2006)

lutte contre les ICU. Les tableaux 9 et 10 présentent la part des différents types de surfaces sur les premières lignes de tramway d'Angers et de Tours.

On peut constater que la surface végétale est systématiquement inférieure à la surface minérale pour chacune des deux villes (environ 30% contre 70% pour Angers et 22% contre 78% pour Tours), même si Angers présente davantage de surfaces végétalisées. Il en va de même pour la part des surfaces perméables : seulement 14.7% pour Angers et 23.9% pour Tours, ce qui est nettement inférieur à la part des surfaces imperméables : 85.2% pour Angers et 76.1% pour Tours.

NATURE DU SOL	ANGERS SUPERFICIE %	TOURS SUPERFICIE %
SURFACE PERMEABLE	14,7	23,9
Stabilisé	1,1	1,9
Plateforme végétalisée		10,8
Surface végétalisée (hors plateforme)	13,6	11,3
SURFACE IMPERMEABLE	85,2	76,1
Plateforme végétalisée	16,7	
Autres revêtements	68,5	76,1

Tableau 10 - Répartition des surfaces perméables et imperméables de Tours et Angers (Source données : RA, 2010 et AUP et al., 2006)

On peut noter cependant une donnée intéressante : malgré une surface végétalisée plus importante que celle de Tours, Angers affiche une surface perméable deux fois inférieure à celle de Tours. Cela s'explique par deux facteurs : la présence d'une surface minérale perméable, le stabilisé, et la présence d'une surface végétale non perméable qui apparaît dans le cas particulier de la plateforme tramway.

- a) Les revêtements minéraux perméables, solution efficace à promouvoir

D'après le tableau 10, le stabilisé est le seul revêtement perméable utilisé, même si sa présence reste anecdotique en termes de surface. Il favorise à son échelle une diminution des ICU. Aucun autre revêtement, à la fois perméable et minéral, n'est utilisé et cela se ressent dans la part des surfaces imperméables 3 fois supérieures aux surfaces perméables. Cette piste d'amélioration sera abordée en dernière partie de ce mémoire.

- b) La plateforme « végétalisée », entre atout et contrainte

La constitution du support de la plateforme ferroviaire, est un élément fondamental dans le choix de la végétation. Il existe deux types de pose de plateforme végétalisée :

La pose classique, mise en œuvre habituellement sur les tramways en France et que l'on retrouve à Angers, offre un support en béton continu, situé 16 cm plus bas que le niveau du rail. Cette configuration de végétalisation dite « hors-sol » nécessite un arrosage tout au long de l'année afin de garantir une pérennité de la végétation (voir ci-contre dans détails techniques). Elle permet une végétalisation à proximité du rail qui adoucit la structure de la voie ferrée.

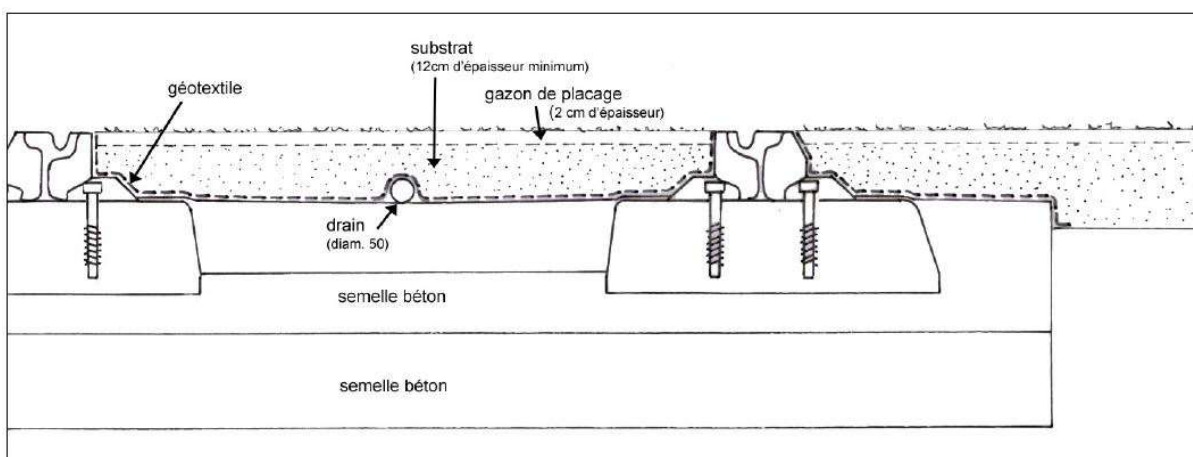


Figure 17 - Coupe de principe d'une plateforme végétalisée imperméable © Richez Associés, 2010

La pose dite perméable consiste à réduire les surfaces de béton aux emprises du rail afin de permettre un contact avec le sol naturel et des réserves hydriques qui s'y trouvent. Cette technique permet ainsi de réduire considérablement les apports en eau extérieurs. Cependant, l'installation de réseaux d'arrosage reste une nécessité pour les périodes chaudes afin de maintenir un niveau d'humidité minimum pour les engazonnements, enherbements et couvre-sols. On retrouve ce procédé à Tours sur quasiment l'ensemble de la plateforme engazonnée.

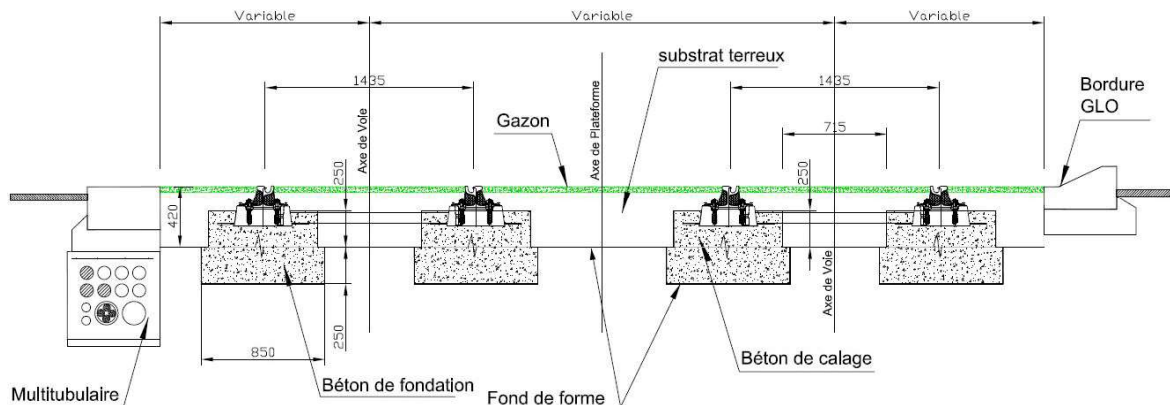


Figure 18 - Coupe de principe d'une plateforme végétalisée perméable © Richez Associés, 2010

On constate que malgré une surface végétalisée plus importante de la plateforme pour Angers par rapport à Tours (voir annexe VII et VIII), celle-ci est imperméable et ne remplit qu'une partie de son rôle : elle permet le rafraîchissement de l'air par évapotranspiration du substrat et de l'engazonnement, mais au prix d'un arrosage intense et d'une maintenance plus contraignante. La plateforme végétalisée de Tours offre l'avantage supplémentaire de permettre un échange sol-air engendrant un rafraîchissement de l'air supérieur et une meilleure gestion des eaux par la perméabilité du sol. Tours présente donc une plateforme qui répond davantage aux objectifs environnementaux durables liés aux moyens de lutte contre les ICU.

2.3.3.2 L'albédo des matériaux de revêtement, un critère oublié par les concepteurs

Comme expliqué précédemment, l'albédo des matériaux et revêtements de sol est un critère indispensable pour favoriser une diminution du risque d'apparition d'ICU. Cette donnée physique détermine la capacité d'absorption ou de réflexion de l'énergie reçue et ainsi leur température, influant directement sur les ICU et indirectement la durabilité d'un projet. Pour ces raisons, nous allons analyser les albédos de chacun des matériaux utilisés dans les premières lignes de tramway d'Angers et Tours, plateforme et espace public confondus, présentés dans le tableau 11 page suivante.

Plusieurs ensembles de revêtements ont été utilisés : des surfaces végétales, minérales et perméables (stabilisé), des pierres naturelles (granit, schiste, gneiss et calcaire) et des revêtements classiques du milieu urbain (asphalte, béton, enrobé). Pour rappel, plus le matériau est dense, épais, et de couleur claire, plus il est réfléchissant et plus son albédo est proche de 1. Généralement, les meilleurs albédos obtenus en revêtement de sol oscillent entre 0.5 et 0.6 (ADEME, 2012). Pour ces raisons, on peut constater que les pierres naturelles présentent un albédo supérieur aux revêtements classiques. En effet, leurs épaisseurs variables de 4 à 10 cm (pavé ou dalle) et leur couleur claire justifient leur albédo, variant de 0.3 à 0.55. Les revêtements classiques ont quand a eu un albédo assez faible : ils varient de

NATURE DU SOL	ALBEDO	EPAISSEUR (cm)	ANGERS TOURS	
			SUPERFICIE %	
Surface végétalisée	0,25 - 0,35	> 0,16	30,3	22,0
Pierre naturelle	0,3 - 0,55	0,04 - 0,08	9,7	12,3
stabilisé	0,35	0,05 - 0,08	1,1	1,9
granit	0,31	0,08 - 0,14	5,3	0,1
granit gris clair	0,45	0,08 - 0,14	0,0	0,9
granit gris foncé	0,3	0,08 - 0,14	0,0	1,5
schiste	0,33	0,04 - 0,08	2,8	0,0
gneiss	0,3	0,04 - 0,1	0,4	0,0
calcaire	0,55	0,04 - 0,1	0,0	8,0
Revêtements classiques	0,07 - 0,25	0,02 - 0,08	60	62,4
béton	0,2	0,08	9,7	18,8
béton désactivé	0,25	0,18	4,6	0,0
enrobé	0,15	0,025 - 0,08	45,6	40,9
asphalte	0,07	0,02	0,0	2,8

0.07 pour l'asphalte à 0.25 pour le béton désactivé. Cela s'explique par leur faible épaisseur et densité et leur couleur foncée (noir – gris). En ce qui concerne la végétation, leurs albédos varient entre 0.25 et 0.35, ce qui est supérieur aux revêtements classiques et similaires aux pierres naturelles.

On peut donc affirmer que les surfaces végétalisées et les revêtements en pierres naturelles sont à privilégier pour favoriser un aménagement permettant de lutter contre les ICU et donc obtenir un espace public durable. Pourtant, les pierres naturelles ne représentent que 9.7% pour Angers et 12.3% pour Tours, tandis que les surfaces végétalisées représentent 30.3% pour Angers et 22% pour Tours. Les revêtements classiques dominent clairement avec 60% et 62% pour Angers et Tours. Ces chiffres traduisent un mauvais choix des matériaux pour pouvoir lutter contre les ICU pour chacune des deux villes. En effet, les revêtements classiques à faible albédo sont utilisés en majorité (60%), alors que les pierres naturelles

Tableau 11 - Répartition des revêtements de sol en fonction de leur albédo (Source : Richez Associés, AUP et al., Ademe, IAU, Grand Lyon)

et les surfaces végétalisées a fort albédo (0.25-0.55) sont minoritaires (40%). Cet aspect est donc à améliorer pour les futures lignes de tramway.

Si l'on ne tient compte que de ces données (perméabilité, surface végétale et albédo), chacun des deux projets de tramway présentent un bilan assez mauvais, dans la continuité d'un aménagement conventionnel de l'espace public qui ne permet pas de répondre aux objectifs d'une ville durable, ainsi qu'aux propres objectifs environnementaux d'un projet de tramway en général. Néanmoins, ces résultats doivent répondre à des besoins actuels permettant un usage optimal de l'espace public par les habitants. S'il doit y avoir surface minérale, alors il serait pertinent de s'intéresser davantage aux surfaces minérales perméables, existantes ou en expérimentation, afin d'en favoriser les innovations et d'obtenir un espace public plus durable. Des recommandations et alternatives seront présentées en partie 3.

Les principaux enjeux de la ville durable ayant été traité, passons à la notion de « bilan carbone », afin de prendre conscience de l'impact global d'un projet de tramway sur notre environnement.

2.3.4 Un bilan carbone difficilement évaluable

Si l'on ne tient pas compte du bilan carbone total du tramway, c'est-à-dire de l'extraction des matériaux, de leur acheminement et de leur assemblage, le tramway est un véhicule respectueux de l'environnement et économe.

2.3.4.1 *Un véhicule de transport écologique*

D'un point de vue environnemental, il diminue la pollution de l'air de manière directe et indirecte: en rejetant très peu de GES (100 fois moins qu'une voiture) et en diminuant indirectement la circulation automobile. Il consomme aussi 10x moins d'énergie qu'une voiture. L'alimentation par le sol est une solution de substitution au caténaire aérien, et permet de diminuer l'impact visuel quand cela est possible.

Afin de favoriser son utilisation, le tramway se doit d'être attractif : En termes de capacité, le tramway est bien plus efficace : il peut accueillir 2 à 3 fois plus de personnes qu'un bus articulé conventionnel, diminuant son impact carbone sur l'environnement. Il est confortable grâce à un espace plus vaste, mieux éclairé, moins bruyant et mieux isolé. Ses grandes vitres ouvertes à la vue permettent aussi de contempler la ville. Le tramway est un véhicule sécurisant pour les usagers, et accessible à tous. Sa fréquence et vitesse constante permet une régularité et un service efficace, augmentant ainsi le nombre de voyageurs par jour. Globalement, le tramway apporte un accès rapide des banlieues au centre en même temps qu'une desserte de quartier physiquement et symboliquement distant. Cela conduit les voyageurs et les citoyens en général à utiliser autrement la ville. Toutes ces caractéristiques entraînent une forte fréquentation, aux dépens des autres moyens de transport existants, plus polluants et moins performants sur les critères cités ci-dessus (Desveaux et al., 2013).

2.3.4.2 *La recomposition de l'espace public, facteur environnemental déterminant*

Une requalification de l'espace public adjacent accompagne systématiquement un projet de tramway à la française. La hiérarchisation actuelle des types d'espaces à privilégier d'un projet de tramway est la suivante : plateforme tramway, voirie (+ stationnement), trottoir, piste cyclable et enfin plantations quand cela est possible. Malgré tout, certains projets font preuve d'innovation et favorise les piétons, cycles et plantations a la voirie-stationnement. Cependant, la manière de partager l'espace public peut faire apparaître certains inconvénients. La décongestion du centre induite par la piétonisation assez fréquente des centres-villes et l'arrivée du tramway provoquent aussi, dans de nombreux cas, une congestion automobile ailleurs, en banlieues proches. Le problème est alors déplacé ailleurs, mais non réglé.

L'arrivée du tramway favorise aussi les déplacements actifs tels le vélo ou la marche, réduisant la pollution carbone de l'air. Cependant, en fonction de la conception de l'espace public, des conflits d'usages peuvent apparaître, notamment entre les piétons et les cyclistes. En effet, même si les voies cyclables sont présentes autour du tramway, celles-ci peuvent être mal dimensionnées, étroites, avec un revêtement glissant, et ne sont pas toujours prioritaires dans les carrefours de circulation. Le manque de stationnement vélo est aussi un point négligé.

La signalétique et la multiplicité d'éléments de natures différentes peuvent aussi venir atténuer la lisibilité d'un lieu pour les usagers. C'est le cas notamment lorsqu'il y a trop de mobiliers urbains, de potelets, d'espaces publicitaires ou de revêtements différents.

Ces différents aspects ne doivent donc pas être négligés pour que l'impact positif du tramway sur l'utilisation de l'espace public puisse s'exprimer dans tout son potentiel, diminuant ainsi la pollution atmosphérique globale dans son corridor.

Pour conclure, le bilan carbone d'un projet de tramway est généralement positif. L'utilisation de la voiture diminue, celle du réseau de transport augmente. En revanche, la provenance des matériaux utilisés et leur nature sont des critères déterminants pour juger l'impact d'un projet de tramway sur l'environnement. Il en va de même pour le tramway en tant que véhicule. Par manque de données, cet aspect n'a pas été traité à travers ce mémoire, mais pourrait faire l'objet de recherches plus approfondies qui compléteraient parfaitement cette étude.

2.3.5 CONCLUSION

Le projet de tramway a un impact déterminant sur le pilier environnemental de la ville durable. La lutte contre l'étalement urbain, les îlots de chaleur et la biodiversité sont des facteurs directement impactés par l'arrivée d'un tramway. A travers les premières lignes des agglomérations Tourangelles et Angevines, on a pu constater dans quelle mesure un projet de tramway impacte l'environnement dans lequel il s'insère, comme l'atteste le tableau 12 ci-dessous.

En termes de lutte contre l'étalement urbain, le tramway favorise les projets urbains, tels les ZAC ou le renouvellement urbain de quartier, dans une optique de densification et de mixité spatiale et fonctionnelle. Ce nouveau mode de développement urbain, adopté par Tours et Angers, répond donc parfaitement aux enjeux de la ville durable.

La biodiversité connaît une augmentation constante dans le corridor du tramway. A travers la végétalisation de la plateforme, des plantations d'arbres et de massifs végétalisés, le projet de tramway recoud et connecte des espaces de biodiversité fragmentés par le développement urbain, offrant ainsi un corridor de circulations et d'habitats pour de nombreuses espèces animales et végétales. La plurispécificité de la palette végétale utilisée et le choix des essences sont aussi essentiels : plus la palette est riche, variée et locale, plus la biodiversité augmente. Cependant, le changement climatique est un élément à prendre en compte pour obtenir une biodiversité durable dans le temps.

La lutte contre les îlots de chaleur urbains, étroitement lié à la biodiversité, est encore un aspect négligé, alors qu'il est primordial pour offrir un environnement durable aux citoyens. Le projet de tramway, ayant pourtant un fort potentiel pour enclencher des changements de pratiques et de méthodes d'aménagement, n'a pas encore l'impact nécessaire en tant que levier de lutte contre ce phénomène. Comme l'atteste les projets Tourangeaux et Angevins, les matériaux à faible albédo sont encore trop utilisés, la part de surface minérale et imperméable est toujours dominante, et ce malgré une nette augmentation des surfaces végétales et perméables apportées par un projet de tramway.

Pour finir, le bilan carbone d'un projet de tramway est variable en fonction des critères pris en compte. En tant que véhicule de transport, le bilan carbone est de loin positif. La requalification urbaine des espaces publics concomitants par la végétalisation est aussi un atout majeur. Cependant, si l'on tient compte de la provenance, de l'extraction, de l'acheminement et de l'assemblage des matériaux, alors le bilan carbone global du projet est hypothétiquement négatif. Par manque de données sur le sujet, il est compliqué d'émettre une réponse argumentée pour un projet de tramway.

Voici un tableau synthétique de l'impact du tramway de Tours et Angers sur le pilier environnemental de la ville durable, qui sera repris en conclusion finale :

Critères		Tours	Angers
Lutte contre l'étalement urbain		Bon	Bon
Biodiversité	Plurispécificité de la palette végétale (plateforme comprise)	Bon	Mauvais
	Choix essences adaptés	Moyen	Moyen
	Bilan vert arboré	Bon	Bon
	Ratio plateforme végétalisé - minéralisé	Bon	Moyen
Lutte contre les ICUs	Ratio espace végétalisé - minéralisé	Mauvais	Moyen
	Ratio espace perméable - imperméable	Mauvais	Mauvais
	Ratio plateforme perméable - imperméable	Bon	Mauvais
Albédo des matériaux utilisés		Moyen	Moyen
Bilan carbone			

	Bon
	Moyen
	Mauvais

Tableau 12 - Synthèse des impacts environnementaux du tramway
(Source : réalisation personnelle)

3. Des évolutions pour les futures lignes ?

Après avoir analysé l'impact du tramway sur les 3 piliers de la ville durable à travers les premières lignes de tramway de Tours et Angers, les résultats ont fait ressortir quels aspects peuvent être améliorés. Globalement, ces aspects concernent l'aménagement de l'espace public pour répondre aux enjeux des villes durables : la biodiversité et la lutte contre les îlots de chaleur. Pour cela, des critères spécifiques et à l'impact déterminant ont été étudiés : la plurispécificité de la palette végétale, la cohérence de son choix, le part de surface végétale et minérale, la part de surface perméable et imperméable, ainsi que l'albédo des matériaux utilisés. Ces différents critères feront l'objet de l'analyse qui suit : quelles évolutions pour les deuxième lignes de Tours et Angers. Sachant que l'étude de la deuxième ligne de Tours est inachevée, l'analyse se portera sur une comparaison des lignes 1 et 2 de la ville d'Angers, dont l'ensemble des données sont disponibles.

A noter que les critères cités précédemment n'ayant fait l'objet d'aucune étude connue auparavant, les projets en cours n'ont donc potentiellement pas été conçus pour améliorer leurs performances sur ces différents aspects. Des recommandations seront donc proposées pour favoriser l'aménagement d'espaces publics répondant aux enjeux de la ville durable.

3.1 Des estimations économiques plus réalistes

Critères	Angers L1	Angers L2
Longueur de la ligne (km)	12,8	10,1
Nombre de stations	25	19
Nombre d'ouvrages d'art	1	1
Emprise (m ²)	390 000	360 000
Coût d'investissement estimé	240 M €	245 M €
Coût d'investissement final	274 M €	
Coût au km	22 M €	24,5 M €
Fréquentation estimée	35 000	
Fréquentation à l'inauguration	31 000	
Coût d'exploitation	> recettes	

Tableau 13 - Impact économique des lignes 1 et 2 d'Angers
(Source des données: AUP et al., 2006 et RA, 2015)

L'évolution est difficilement évaluable par manque de données sur le sujet. Cependant, la L2 a un coût au km supérieur, mais qui reste dans la moyenne française (24 M € / km). Son coût d'investissement estimé est supérieur à celui de la L1, et ce malgré une emprise totale du projet inférieur. Au vue du dépassement du budget initial de la L1, on peut penser que celui de la L2 a été vu à la hausse afin de diminuer la différence avec le coût d'investissement final.

3.2 Une deuxième ligne qui conforte mixité et cohésion sociale

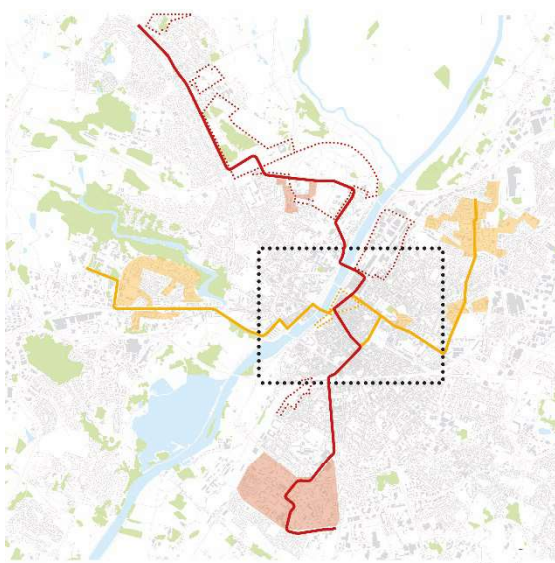


Figure 19 - Projets urbains desservis par la ligne 1 et 2 d'Angers



Les lignes 1 et 2 d'Angers desservent une variété de quartiers, comme le montre la figure 19 ci-contre. L'un des critères sur lequel il faut s'attarder est plus particulièrement la desserte des quartiers prioritaires (QP) desservis afin d'en favoriser le désenclavement. La ligne 1 a un bilan assez mitigé, avec seulement 2 QP desservis sur les 8 présents dans l'agglomération. La ligne 2 palie grandement ce manque, avec pas moins de 4 QP desservis. Il y a donc une nette amélioration de la mixité sociale. De plus, « l'effet tunnel » de quartier prioritaire, décrit dans la partie 2.2, est limité : 3/4 des QP d'Angers bénéficient ou vont bénéficier d'un PNRU ^[9] .

Pour les risques induits par la faible densité de station en extrémité de ligne, la seconde ligne d'Angers fait mieux que la première : le nombre de station par km est plus homogène sur l'ensemble du parcours. Ces différents aspects indispensables pour obtenir une ville socialement équitable ont donc mieux été pris en compte pour la seconde ligne d'Angers.

Nombre de stations / km	Angers L1	Angers L2
Centre-ville	2,4	2
Périphérie Ouest	1,8	1,76
Périphérie Est	1,7	2
Total périphérie	1,75	1,86
Total ligne	1,95	1,9

Tableau 14 - Nombre e stations par km d'Angers L1 et L2 (Source des données : AUP et al., 2006 et RA, 2015)

RECOMMANDATION 1 : Desservir une variété de quartiers, dont les quartiers prioritaires bénéficiant si possible d'un PNRU. Homogénéiser la répartition des stations sur l'ensemble de la ligne (500m d'écart dans la théorie entre chaque station) pour éviter des disparités sociales.

3.3 Un impact environnemental dans la continuité de la première ligne

3.3.1 Le tramway, levier complémentaire dans la lutte contre l'étalement urbain

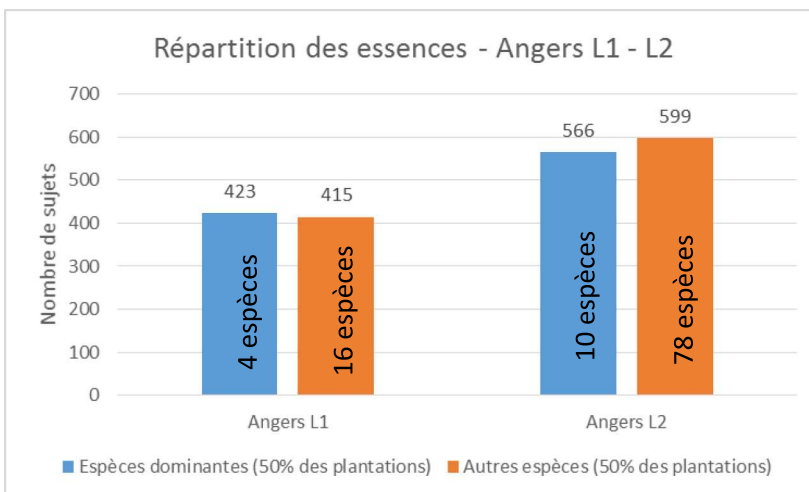
Comme expliqué précédemment, l'un des enjeux principal de la ville durable est la lutte contre l'étalement urbain. Les solutions de lutte prennent la forme d'un équilibre entre densité et mixité urbaine, nouvelle forme de développement urbain nécessaire au bon fonctionnement de notre société. Pour la première ligne d'Angers, le tramway a été un véritable levier de dynamisme accompagnant les opérations d'aménagements envisagées, tels les ZAC et les quartiers prioritaires. L'impact à ce niveau-là reste constant avec l'arrivée de la L2 : alors que la L1 fut accompagnée de 8 projets urbains et de 2 opérations de rénovation urbaine [2], la L2 s'accompagne de 2 projets urbains similaires à la L1 et de 4 opérations de rénovations urbaines, comme l'atteste la figure 19.

RECOMMANDATION 2 : Desservir les projets urbains favorisant un développement ou rénovation urbaine mixte, et proposant logements, bureaux et commerces, pour répondre aux enjeux de la ville durable : densification et mixité pour lutter contre l'étalement urbain.

3.3.2 La biodiversité, un domaine partagé entre amélioration et dégradation

3.3.2.1 Une diversification de la palette végétale

La palette végétale dépend du contexte où le projet s'insère et influe directement sur la durabilité d'un projet, en termes de maintien des essences dans le temps et de biodiversité. Plus un projet est composé d'essences et de strates végétales variées et indigènes, plus il est durable et favorable à la mise en place d'un écosystème riche en biodiversité floristique, mais aussi faunistique.



D'après la figure 20, on peut constater une amélioration de ce critère entre la L1 et la L2 : en effet, 10 espèces représentent 50% des plantations pour la L2, contre 4 espèces seulement pour la L1. La palette complète de la L2 est disponible en annexe IX et X. La biodiversité est donc améliorée, par la diversité de la

Figure 20 - Répartition des essences à Tours et Angers (Source des données : AUP et al., 2006 et RA, 2015)

palette végétale et le parti pris des aménageurs qui ont mieux tenu compte du contexte où le tramway s'insère. En effet, Angers a une histoire commune avec l'horticulture et se distingue aujourd'hui par sa spécialisation dans le domaine du végétal. La palette végétale s'en est vue diversifiée. Malgré tout, ces résultats positifs pour la deuxième ligne peuvent être nuancés par la faible hétérogénéité de la palette arborée, qui reste un point à améliorer pour favoriser une meilleure biodiversité.

3.3.2.2 Un choix des essences en recherche de cohérence ?

Pour favoriser la biodiversité, il est recommandé d'utiliser des espèces locales dites indigènes. C'est pour cela que le critère de la provenance se révèle pertinent : il témoigne d'une biodiversité durable dans le temps d'un projet. Nous allons donc comparer la répartition des espèces indigènes et exotiques entre les deux lignes de tramway d'Angers (AUP et al., 2006 et RA et al., 2015) :

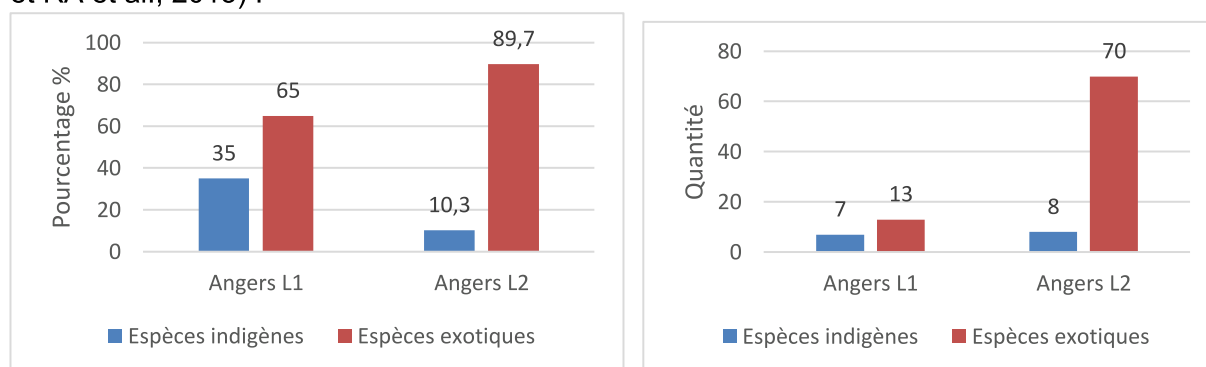


Figure 21 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en % Figure 22 - Répartition des espèces indigènes et exotiques en quantité

On peut constater que la situation empire pour la L2. En effet, la palette végétale se compose d'une majorité de plantes exotiques : 70 espèces soit 89.7% pour la L2, contre 13 espèces soit 65% pour la L1. La conclusion est identique à la partie 2.3.2.2 : on pourrait conclure que ces résultats sont inadaptés à la mise en place d'une biodiversité durable, mais les nombreuses acclimations d'essences exotiques au cours de l'histoire et la problématique du changement climatique remettent en cause l'utilisation de plantes indigènes. La présence de nombreuses espèces de chêne sur la ligne 2 (voir annexe IX) est un exemple de la non prise en compte de l'évolution du climat : en plus d'avoir une mauvaise reprise, ils résistent très mal à la sécheresse et aux fortes chaleurs, de plus en plus fréquentes avec le changement climatique actuels.

RECOMMANDATION 3 : Proposer, dans la mesure du possible, une palette végétale diversifiée en termes d'essences et de strates, exigeant une maintenance limitée et une rusticité au milieu urbain. Tenir compte et développer des recherches sur les futures essences adaptées aux changements climatiques, afin d'obtenir une biodiversité durable.

3.3.2.3 Un bilan vert négatif

Pour chaque projet de tramway, un bilan vert est systématiquement réalisé : il témoigne de la différence entre nombre d'arbres supprimés et plantés. Pour des raisons expliquées en partie 2.3.2.3 de ce mémoire, cette donnée est déterminante afin de juger la biodiversité d'un projet, mais aussi son impact sur les îlots de chaleur urbains.

D'après le tableau 15 et l'annexe XI, on peut constater une évolution négative du bilan vert entre les L1 et L2. Alors que la L1 a eu un gain de 435 arbres, la L2 se voit perdre 142 arbres.

	Angers L1	Angers L2
Arbres supprimés	622	1307
Arbres plantés	1057	1165
BILAN	435	-142

Tableau 15 - Bilan vert de Tours et Angers (Source : Richez Associés, 2015)

Si l'on ne tient compte que de cette donnée, on pourrait conclure que la L2 de tramway présente un bilan assez mauvais, qui ne permet pas de répondre aux objectifs d'une ville durable, ainsi qu'aux propres objectifs environnementaux d'un projet tramway en général. Néanmoins, ces résultats sont à nuancer : le partage de l'espace public doit répondre à des besoins actuels permettant un usage optimal par les différents usagers, et certaines configurations ne permettent pas la présence d'arbres.

RECOMMANDATION 4 : Remanier la hiérarchisation du partage de l'espace public, en favorisant prioritairement la présence piétonne, cycliste, végétale et des transports en commun, au détriment des véhicules de transports individuels.

3.3.3 La lutte contre les ICU, un enjeu incompris ?

Pour rappel, la perméabilité, la végétalisation et un fort albédo des matériaux utilisés favorisent la diminution des effets ilots de chaleur urbains. L'analyse de ces critères attestera la volonté ou non du projet de tramway à favoriser un partage de l'espace public optimal, pour obtenir un aménagement durable qui lutte contre les ICU. Sur ces points, on constate que la situation se dégrade avec la L2 d'Angers. En effet, d'après le tableau 16, la surface végétale est inférieure à la surface minérale pour chacune des deux lignes (environ 30% contre 70% pour la L1 et 21% contre 79% pour la L2), avec une L2 qui perd en surface végétalisée. Il y a donc une évolution négative qui ne permet pas de répondre aux enjeux de la ville durable. Cependant, d'après le tableau 17 et l'annexe XII, un scénario opposé se produit pour la part des surfaces perméables : une augmentation de 14.7% pour la L1 à 21.8% pour la L2. Une évolution positive, mais qui reste nettement inférieur à la part des surfaces imperméables : 85.2% pour la L1 et 79% pour la L2. Ces résultats sont dus à l'évolution du type de plateforme végétalisée : imperméable pour la L1, elle devient perméable pour la L2 et offre un plus grand potentiel de lutte contre les ICU. Malgré cela, le potentiel des surfaces minérales perméables n'est toujours pas exploité : même si du stabilisé et du bois sont utilisés en infimes quantités pour la L2 (0.9%), leurs parts diminuent légèrement comparé à la L1 (1.1%).

RECOMMANDATION 5 : Favoriser, dans la mesure du possible, la plateforme végétalisée perméable, bénéficiant de mélanges herbacés riches en espèces et d'une maintenance économe, plus efficace en termes de biodiversité et de lutte contre les ICU, répondant ainsi aux enjeux de la ville durable.

L'albédo des matériaux et revêtements de sol est un critère indispensable pour favoriser une diminution des ICU. Comme pour la L1, plusieurs ensembles de revêtements ont été utilisés pour la L2. Pour rappel, plus le matériau est dense, épais, et de couleur claire, plus il est réfléchissant et plus son albédo est proche de 1. L'analyse précédente nous a permis d'affirmer que les surfaces végétalisées et les revêtements en pierres naturelles sont à privilégier pour favoriser un aménagement permettant de lutter contre les ICU et donc obtenir un espace public durable.

NATURE DU SOL	ANGERS L1	ANGERS L2
	SUPERFICIE %	
SURFACE VEGETALISEE	30,3	20,9
Surface végétalisée (hors plateforme)	13,6	9,7
Plateforme végétalisée	16,7	11,3
SURFACE MINERALE	69,7	79,1

Tableau 16 – Répartition des surfaces végétalisées et minéralisées d'Angers L1 et L2 en % (RA, 2015)

NATURE DU SOL	ANGERS L1	ANGERS L2
	SUPERFICIE %	
SURFACE PERMEABLE	14,7	21,8
Stabilisé	1,1	0,8
Bois		0,1
Plateforme végétalisée		11,3
Surface végétalisée (hors plateforme)	13,6	9,7
SURFACE IMPERMEABLE	85,2	79,0
Plateforme végétalisée	16,7	
Autres revêtements	68,5	79,0

Tableau 17 - Répartition des surfaces perméables et imperméable d'Angers L1 et L2 en % (RA, 2015)

NATURE DU SOL	ALBEDO	EPAISSEUR (cm)	ANGERS L1 ANGERS L2	
			SURFACE %	
Surface végétalisée	0,25 - 0,35	> 0,16	30,3	20,9
Pierre naturelle	0,3 - 0,55	0,04 - 0,08	9,7	4,8
stabilisé	0,35	0,05 - 0,08	1,1	0,8
granit	0,31	0,08 - 0,14	5,3	0,3
schiste	0,33	0,04 - 0,08	2,8	3,7
gneiss	0,3	0,04 - 0,1	0,4	0,0
Bois	0,4	0,02 - 0,1	0,0	0,1
Revêtements classiques	0,07 - 0,25	0,02 - 0,08	60	74
béton	0,2	0,08	9,7	18
béton désactivé	0,25	0,18	4,6	0,0
enrobé	0,15	0,025 - 0,08	45,6	55,8

Pourtant, d'après le tableau 18, leurs parts évoluent à la baisse avec la L2 : les pierres naturelles diminuent de 9.7% pour la L1 à 4.8% pour la L2, tandis que les surfaces végétalisées passent de 30.3% à 21%. Cette diminution se reporte dans l'utilisation des revêtements classiques, qui dominent et augmentent de 60% à 74% pour la L2. Ces chiffres traduisent un mauvais choix des matériaux et une évolution négative de la lutte contre les ICU par l'aménagement des espaces publics et paysagers accompagnant un projet de tramway. En effet, les revêtements classiques à faible albédo sont utilisés en majorité, alors que les pierres naturelles et les surfaces végétalisées à fort albédo sont minoritaires. Cet aspect est donc à améliorer pour les futures lignes de tramway.

Tableau 18 - Répartition des albédos des matériaux utilisés à Angers L1 et L2 (Source : RA et al., AUP et al., IAU idf, Ademe, Grand Lyon)

Comme pour la partie précédente, si l'on ne tient compte que de ces données (perméabilité, surface végétale et albédo), chacune des deux lignes de tramway présentent un bilan assez mauvais qui empire, ne permettant pas de répondre aux objectifs d'une ville durable, ainsi qu'aux propres objectifs environnementaux d'un projet tramway. Néanmoins, ces résultats doivent répondre à des besoins actuels permettant un usage optimal de l'espace public par les habitants. Ils dépendent aussi d'un contexte économique qui évolue et influe sur l'utilisation de matériaux à fort albédo (comme la pierre naturelle).

RECOMMANDATION 6 : Favoriser d'une manière globale une végétalisation, une perméabilisation de l'espace public et l'utilisation de matériaux à fort albédo, comme les pierres naturelles. Pour les surfaces minérales, privilégier la mise en place des surfaces minérales perméables existantes ou en expérimentations, afin d'en favoriser les innovations et d'obtenir un espace public répondant aux enjeux de la ville durable.

3.3.4 CONCLUSION

Cette analyse comparative nous a permis de faire ressortir un ensemble de recommandations favorisant l'obtention d'un espace public durable. Favoriser la biodiversité par le choix des essences, un bilan vert positif et l'utilisation d'une plateforme végétalisée alternative sont les actions principales à portée de main. De même, lutter contre les ICU par un plus juste équilibre entre surface perméable et imperméable, ainsi que végétale et minérale, s'avère indispensable, surtout quand l'évolution des projets de tramway ne vont pas dans ce sens, comme l'atteste le tableau 19 synthétisant l'évolution entre les L1 et L2 à Angers, qui sera repris en conclusion finale :

Bon
Moyen
Mauvais

Critères		Angers L1	Angers L2
Social	Quartier Prioritaire desservi		
	Densité de station homogène		
Lutte contre l'étalement urbain			
Biodiversité	Plurispécificité de la palette végétale (plateforme comprise)		
	Choix essences adaptés		
	Bilan vert arboré		
	Ratio plateforme végétalisé - minéralisé		
Lutte contre les ICU	Ratio espace végétalisé - minéralisé		
	Ratio espace perméable - imperméable		
	Ratio plateforme perméable - imperméable		
	Albédo des matériaux utilisés		
Bilan carbone			

Tableau 19 - Synthèse de l'évolution des impacts environnementaux et sociaux entre les L1 et L2 de tramway à Angers (Source : réalisation personnelle)

CONCLUSION

L'analyse de l'impact du tramway sur les 3 piliers de la ville durable à travers les premières lignes de tramway de Tours et Angers, et de son évolution pour les futures lignes, nous a permis de déterminer dans quelles mesures les projets de tramway répondent aux enjeux des villes durables. Comme l'atteste l'ensemble des tableaux synthétiques présentés en conclusion des analyses comparatives précédentes, le projet de tramway a un impact indéniable sur la ville durable.

Pour les aspects économiques et sociaux de la ville durable, les rares études réalisées par le passé, ainsi que notre étude comparative sont arrivées aux mêmes conclusions, remarquablement exprimées par Jacques Stambouli, en 2005 : « il n'y a pas de causalité linéaire entre une offre nouvelle de transport en site propre et des transformations économiques, spatiales, ou sociales dans l'espace urbain. S'il y a transformation positive, [...] rien n'est assuré dans la durée ». L'analyse continue en affirmant qu'il s'agit davantage d'un effet de « congruence » : c'est un effet cocktail entre l'arrivée d'un tramway et un ensemble de facteurs politico-urbanistiques propre à chaque agglomération. Cette conclusion s'applique parfaitement à l'analyse comparative des premières lignes de tramway de Tours et Angers : même si les résultats divergent légèrement entre les critères abordés, ils restent similaires et dépendants d'un contexte plus large que le projet de tramway en lui-même.

Cependant, ces études s'accordent aussi sur le fait que le tramway reste, dans la majeure partie des cas, une plus-value à ces niveaux-là. En effet, même si l'étude comparative a fait ressortir des points à améliorer (coût d'investissement, desserte de QP), il procure de nombreux avantages. Il influence la création d'emplois indirects dans différents secteurs (commerce et immobilier principalement), et joue pleinement son rôle de vecteur de mixité sociale. Mais ce rôle s'applique uniquement si une volonté politique forte accompagne le projet de tramway (PNRU, etc...). Auxquels cas, des impacts négatifs apparaissent (effet tunnel, disparité spatiale, gentrifications, etc...).

En ce qui concerne l'aspect environnemental, le projet de tramway bénéficie d'un fort potentiel pour favoriser une évolution du mode de développement urbain. Celui-ci permettrait un aménagement des espaces publics répondant aux enjeux principaux de la ville durable : la restauration de la biodiversité à travers la trame verte, et la lutte contre les ICU et l'étalement urbain. Malheureusement, ce potentiel n'est aujourd'hui pas exploité au maximum de sa capacité, comme l'atteste les résultats obtenus de l'analyse comparative des L1 de Tours et Angers, ainsi que de leur évolution pour leur future L2.

Si le projet de tramway favorise dans une certaine mesure la lutte contre l'étalement urbain, il ne permet pas systématiquement d'améliorer la biodiversité et la lutte contre les ICU. En effet, les résultats d'évaluation de leurs impacts sur les différents critères utilisés pour cette analyse, témoignent d'une variabilité de la prise en compte ou de la conscience de ces enjeux : Même si le tramway de Tours et Angers obtiennent de meilleurs résultats sur l'ensemble des critères liés à la biodiversité, la lutte contre les ICU semble être un enjeu ignoré ou inconnu pour les aménageurs et les maitrises d'ouvrage, alors qu'un projet de tramway offre une formidable opportunité de répondre à cet enjeu par la requalification systématique de l'espace public concomitant. Et cela ne s'arrange pas avec les lignes en cours, comme à l'atteste l'analyse de la ligne 2 d'Angers.

Malgré tout, ces résultats nous ont permis d'établir un ensemble de recommandations pour favoriser dans la mesure du possible l'aménagement d'un espace public répondant aux objectifs de la ville durable : favoriser une biodiversité durable en proposant une palette végétale diversifiée en termes d'essences et de strates, en tenant compte de la maintenance,

de la rusticité et du changement climatique. Etablir une nouvelle hiérarchisation du partage de l'espace public, en favorisant prioritairement la présence piétonne, cycliste, végétale et des transports en commun, au détriment des véhicules de transports individuels. De même, lutter contre les ICU en favorisant, d'une manière globale, une végétalisation et une perméabilisation de l'espace public et de la plateforme, ainsi qu'en privilégiant l'utilisation de matériaux à fort albédo et des surfaces minérales perméables.

A travers cette étude, on prend conscience de l'importance du rôle du concepteur-paysagiste dans l'aménagement de l'espace public et dans les projets de tramway. En effet, plusieurs leviers d'actions s'offrent à lui, qui par son approche sensible est à même de mobiliser ses compétences pour proposer et soutenir des aménagements répondant aux objectifs d'une ville durable. Il prend en charge un rôle de sensibilisation des différents acteurs d'un projet à ces enjeux, des architectes-urbanistes à la maîtrise d'ouvrage.

Cette analyse s'est basée sur un ensemble de critères qui, après réflexion et recherche, se sont avérés indispensables à prendre en compte : la diversité de la palette végétale, sa tolérance aux changements climatiques, la part de surfaces perméables et imperméables, la part des surfaces végétalisées et minérales, ainsi que l'albédo des matériaux utilisés. Cependant, l'interprétation de ces données chiffrées et des différents résultats fut assez délicate. En effet, un manque de projets témoins ayant utilisés des critères identiques ou similaires s'est avéré problématique. Comment savoir la signification de chacune de ces données, en fonction des pourcentages obtenus ? Pour la part de surface perméable ou végétale, quel est le pourcentage témoignant d'une réponse acceptable aux enjeux de la ville durable ? Pour cette étude, la valeur de 50% était la délimitation logique entre un aménagement répondant ou non aux enjeux de la ville durable. Parfois, cette valeur s'est affinée, avec 3 catégories de résultats témoignant un bon, moyen ou mauvais aménagement : 0-25%, 25-75% et 75-100%.

Il en va de même pour la problématique du changement climatique : enjeux assez récent à l'échelle de l'histoire humaine, peu d'études existent et déterminent des recommandations concrètes pour le choix des espèces. En effet, les expérimentations et les impacts du changement climatique étant en cours, il a été difficile de se procurer des données viables sur le sujet, hormis des retours d'expériences isolés.

Pour aller plus loin dans l'étude et lui apporter davantage de crédibilité et de pertinence, l'idéal serait d'appliquer cette méthode d'analyse sur l'ensemble des tramways français. Dans un premier temps, le but serait d'obtenir des moyennes françaises, et dans un second temps, d'établir une grille d'évaluation indiquant une interprétation positive ou négative en fonction des résultats chiffrés obtenus. Cela permettrait aussi de constater l'évolution dans le temps de la prise en compte de ces enjeux, et de confirmer, chiffres à l'appui, si on suit une direction répondant aux enjeux de la ville durable, ou si on continue à faire des aménagements conventionnels inadaptés aux changements en cours.

Aussi, une étude plus approfondie sur le bilan carbone global d'un projet de tramway apporterait des données complémentaires, permettant d'approfondir la réponse à la problématique soulevée dans ce mémoire. En effet, il a été difficile d'apporter une réponse à ce sujet, par manque de temps, de recherches, et de données disponibles. Pourtant, si on tient compte de la provenance des matériaux, leur extraction, leur acheminement et leur assemblage, cela permettrait de juger réellement dans quelle mesure les projets de tramway répondent aux enjeux des villes durables.

Enfin, la réflexion pourrait être étendue à la nécessité même d'un tramway pour répondre à ces enjeux : doit-on systématiquement adopter le projet de tramway comme seul élément potentiellement capable de redynamiser le territoire ? D'autres moyens de transports ont-ils des impacts similaires, et/ou meilleurs ? Des questions pour laquelle les avis divergent, mais qui mériteraient débat.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, 2012. *Guide de recommandation pour lutter contre les ilots de chaleurs urbains - île de France*. 2012. S.l. : s.n.

ALLEMAND, Sylvain, 2010. *Pourquoi le développement durable ?* BELIN. S.l. : BELIN LITTÉRATURE ET REVUES. BELIN SCIENCES. ISBN 2-7011-5567-3.

ANR, 2004. *Convention sur le programme de rénovation urbaine de l'agglomération de Tours*. 2004. S.l. : s.n.

AUP, SCE et ATELIER EMERGENCE, 2006. *Etudes d'aménagement : présentation générale*. 2006. S.l. : s.n.

CAUE ALLIER, 2015. Le rôle d'un paysagiste concepteur. In : [en ligne]. 2015. [Consulté le 9 juin 2019]. Disponible à l'adresse : http://www.caue03.com/userfiles/files/JG_role_paysagiste.pdf

CHAMBRE RÉGIONALES DES COMPTES - CENTRE VAL DE LOIRE, 2015. *Communauté d'agglomération de Tour(s) plus (transports urbains) Indre-et-Loire*. Rapport d'observation définitive. S.l.

CSDAZUR, DOMENE et INVIVO, 2010. *Euroméditerranée - ilots chaleur milieu urbain*. 2010. S.l. : s.n.

C.U.B, Communauté Urbaine de Bordeaux, 2003. *Tramway : le livre*. Arc en Rêve. S.l. : s.n.

DESVEAUX, Delphine, RICHEZ, Thomas, BLEROT, Frédéric et COTTET, Vincent, 2013. *Tramways à la française*. Archibooks. S.l. : s.n. ISBN 978-2-35733-202-7.

DIRECTION TRANSPORT DÉPLACEMENT ANGERS LOIRE MÉTROPOLÉ, 2016. *Bilan LOTI de la 1 ère ligne de tramway de l'agglomération d'Angers.pdf*. S.l. Angers Loire Metropole.

DREAL PAYS DE LA LOIRE, 2012. *La Fréquentation des transports collectifs urbains en 2011*. 2012. S.l. : s.n.

FOUCHIER, Vincent, 1995. La densification : une comparaison internationale entre politiques contrastées. Éclairage du schéma directeur francilien par des exemples étrangers. In : *Les Annales de la recherche urbaine*. 1995. Vol. 67, n° 1, p. 95-108. DOI 10.3406/aru.1995.1881.

GONZÁLEZ, Rubén C. Lois, OTÓN, Miguel Pazos et WOLFF, Jean-Pierre, 2013. Le tramway entre politique de transport et outil de réhabilitation urbanistique dans quelques pays européens : Allemagne, Espagne, France et Suisse. In : *Annales de géographie*. 2013. Vol. n° 694, n° 6, p. 619-643.

GRAND LYON, 2009. *Référentiel espaces publics thématique lutte contre ilots chaleur urbains*. 2009. S.l. : s.n.

GRO HARLEM BRUNDTLAND (DIR.) et COMMISSION MONDIALE SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT DE L'ORGANISATION DES NATIONS UNIES, 1987. Rapport Brundtland. In : . 1987. p. 349.

IAU IDF, 2010. *Les ilots de chaleur urbains_REPERTOIRE*. 2010. S.l. : s.n.

LAISNEY, FRANCOIS et GRILLET-AUBERT, ANNE, 2006. TRAMWAY, ESPACES PUBLICS ET MOBILITES. In : . 2006. p. 301.

PIQUET, Antoine, 2015. Le renouveau des mobilités douces : Quels outils pour quels effets ? In : . 2015. p. 51.

PISSALOUX, Jean-Luc et DUCOL, François, 2012. XII. Réflexions sur le retour récent du tramway comme mode de transport urbain et périurbain. In : *Droit et gestion des collectivités territoriales*. 2012. Vol. 32, n° 1, p. 183-196. DOI 10.3406/coloc.2012.2320.

REDONDO, Belinda, 2012. Tramway et territoire : quel urbain en perspective? In : *Revue Géographique de l'Est* [en ligne]. 15 juin 2012. Vol. 52, n° vol. 52 / 1-2. [Consulté le 6 avril 2019]. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/rge/3572>

RICHEZ ASSOCIES, INGEROP, TRANSITEC et LUMINOCITÉ, 2015. *EIA-AVP-NT-AME-GEN-GEN-0001-B_étude aménagement présentation générale*. 2015. S.l. : s.n.

RICHEZ ASSOCIES, SITCAT et CITETRAM, 2010. *NOTE DE SYNTHESE ET PRÉSENTATION DU PARTI PAYSAGER*. 2010. S.l. : s.n.

ROGER, Alain, 1995. *La théorie du paysage en France (1974-1994)*. Champ Vallon. S.l. : s.n. Pays/Paysages. ISBN 2.87673.217.3.

SEMMOUD, Nora, 2004. *Le tramway révélateur du sens des politiques urbaines : Clermont Ferrand et Saint-Étienne*. S.l. : s.n. Villes et territoires.

STAMBOULI, Jacques, 2005. Les territoires du tramway moderne : de la ligne à la ville durable. In : *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie* [en ligne]. 27 mai 2005. n° Dossier 4. [Consulté le 9 juin 2019]. DOI 10.4000/developpementdurable.3579. Disponible à l'adresse : <http://journals.openedition.org/developpementdurable/3579>

SYNDICAT MIXTE DE L'AGGLOMÉRATION TOURANGELLE, 2013. *SCOT de l'agglomération Tourangelle*. 2013. S.l. : s.n.

TAPIE, Guy, 2007. Quais rive-gauche, Tramway et autres espaces publics Bordelais. In : . 2007. p. 48.

VILLE DE PARIS, 2013. *Guide-des-plantes-natives-du-bassin-parisien*. 2013. S.l. : s.n.

SITOGRAPHIE

[1] ADEME, 2016. Impacts des transports sur l'environnement. In : ADEME [en ligne]. 2016. [Consulté le 18 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.ademe.fr/expertises/mobilite-transport/elements-contexte/impacts-transport-lenvironnement>

[2] ALDEV, 2019. Les grands projets. In : ALDEV [en ligne]. 2019. [Consulté le 13 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.angers-developpement.com/le-territoire/les-grands-projets/>

[3] ANGERS LOIRE HABITAT, 2017. Premier programme de rénovation urbaine. In : Angers Loire Habitat [en ligne]. 28 juin 2017. [Consulté le 16 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.angers-loire-habitat.fr/particuliers/la-renovation-urbaine/premier-programme-de-renovation-urbaine>

- [4] AQUAVIT, 2018. Tram 2018 Tours Métropole. In : Aquavit37 [en ligne]. 2018. [Consulté le 9 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.aquavit37.fr/2018tram/index2.html>
- [5] BCG et IPSOS, 2017. La voiture, incontournable dans la mobilité quotidienne des Français. In : [en ligne]. 26 avril 2017. [Consulté le 18 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.la-croix.com/Economie/France/La-voiture-incontournable-dans-mobilite-quotidienne-Francais-2017-04-26-1200842610>
- [6] BELLANGER, Evelyne, 2018. LONG FORMAT. Il y a 5 ans, Tours inaugurerait sa 1ère ligne de tram. In : lanouvellerepublique.fr [en ligne]. 2018. [Consulté le 24 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.lanouvellerepublique.fr/tours/dossier/tramway-de-tours/chantier-premiere-ligne/long-format-il-y-a-5-ans-tours-inaugurerait-sa-1ere-ligne-de-tram>
- [7] BOCHET, Béatrice, PINI, Giuseppe et GAY, Jean-Bernard, 2004. La ville dense et durable : un modèle européen pour la ville ? In : Géoconfluences [en ligne]. 2004. [Consulté le 1 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/DevDur/DevdurScient3.htm>
- [8] EMELIANOFF, Cyria, 1999. Comment définir une ville durable ? In : DPH [en ligne]. 1999. [Consulté le 1 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://base.d-p-h.info/fr/fiches/dph/fiche-dph-8294.html>
- [9] IMMOBILIÈRE PODELIHA, 2015. Politique de la ville : 7 quartiers prioritaires de ville à Angers. In : Podeliha [en ligne]. 2015. [Consulté le 16 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.podeliha.fr/actualites/politique-de-la-ville-7-quartiers-prioritaires-de-ville-a-angers/>
- [10] INSEE, 2019a. Dossier complet – Commune d'Angers (49007) | Insee. In : [en ligne]. 2019. [Consulté le 19 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-49007>
- [11] INSEE, 2019b. Dossier complet – Commune de Tours (37261) | Insee. In : [en ligne]. 2019. [Consulté le 19 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-37261>
- [12] MANGIN, Karine, 2018. Politiques du paysage : démarches et recherches. In : Revue Urbanisme [en ligne]. 2018. [Consulté le 9 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.urbanisme.fr/grand-prix-national-du-paysage-2018/special-65/147>
- [13] MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES, France, 2012. 1972 - 2012 : l'Odyssée du développement durable. In : [en ligne]. 2012. [Consulté le 18 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.diplomatie.gouv.fr/sites/odysee-developpement-durable/>
- [14] ONU, 2018. 2,5 milliards de personnes de plus habiteront dans les villes d'ici 2050. In : ONU DAES | Nations Unies Département des affaires économiques et sociales [en ligne]. 16 mai 2018. [Consulté le 18 mai 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.un.org/development/desa/fr/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- [15] SALIN, Marion, 2009. Qu'est-ce qu'une ville durable ? In : Département de Géographie de l'ENS [en ligne]. 2009. [Consulté le 1 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <http://www.geographie.ens.fr/Qu-est-ce-qu-une-ville-durable.html>
- [16] VILLE DE TOURS, 2019. Grands projets. In : Devenir Tours [en ligne]. [Consulté le 13 août 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.devenir.tours/grands-projets/>

SOURCE COLLOQUE

BONIN OLIVIER et TOMASONI L, 2013. Rendre la ville plus compacte : réflexion autour d'un scénario alternatif à l'augmentation des densités. In : Colloque International Futurs urbains : Enjeux interdisciplinaires émergents pour comprendre, projeter et fabriquer la ville de demain. S.I. 2013

SYNTHÈSE DU COLLOQUE « FAIRE LA VILLE DURABLE, INVENTER UNE NOUVELLE URBANITÉ », 2007. Qu'est-ce qu'une ville durable ? In : Demain La Ville - Bouygues Immobilier [en ligne]. 3 décembre 2007. [Consulté le 1 juin 2019]. Disponible à l'adresse : <https://www.demainlaville.com/quest-ce-quune-ville-durable/>

SOURCE IMAGE

Carte postale Tours avenue de Grammont à la rue de l'Alma, CC-BY-NC-SA 2.0 Creative Commons, <https://www.geneanet.org/cartes-postales/view/5466827#0> (Consulté le 18 mai 2019)

Tramway entre Kehl et Strasbourg, © Radio France - Aude Raso, <https://www.francebleu.fr/infos/transports/greve-a-la-cts-le-traffic-des-trams-et-des-bus-tres-perturbe-vendredi-dans-l-eurometropole-de-1556175262> (Consulté le 20 mai 2019)

Une rame Citadis angevine s'apprête à desservir l'arrêt "les gares" © CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tramway_d%27Angers_%C3%A0_la_gare_St-Laud_par_Cramos.JPG (Consulté le 20 mai 2019)

Photo du centre-ville de Tours avant l'arrivée du tramway © Arnoul MAFFRE, <http://untrampourtours.over-blog.com/article-nouvelles-zones-de-travaux-et-deviation-des-bus-64510355.html> (Consulté le 20 mai 2019)

Photo du tramway de Tours présentant une nouvelle image de son centre-ville – © RA, 2013 (Illustration issu du livre « Tramway à la Française », DESVEAUX, Delphine, RICHEZ, Thomas, BLEROT, Frédéric et COTTET, Vincent)

Schéma des piliers du développement durable © Allemand, 2010 (Illustration issue du livre « Pourquoi le développement durable ? », Sylvain Allemand)

Profil d'un îlot de chaleur urbain © USEPA, 2010 (Illustration issue du document « Référentiel espaces publics thématique lutte contre îlots chaleur urbains » Grand Lyon)

Coupe de principe d'une plateforme végétalisée perméable et imperméable © Richez Associés (illustrations issues du document « NOTE DE SYNTHÈSE ET PRÉSENTATION DU PARTI PAYSAGER. 2010)



Année universitaire : 2018...2019

Spécialité :

Paysage

Spécialisation (et option éventuelle) :

Paysage : Opérationnalité de Projet

Mémoire de fin d'études

- d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage
- d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

ANNEXES

Par : Rémi MICHEL

Soutenu à Angers le 09/09/19

Devant le jury composé de :

Président : BOURNET Pierre-Emmanuel

Autres membres du jury (Nom, Qualité)

Maître de stage : COCHEZ Pierre-Alexandre

Enseignant référent : CANNAVO Patrice

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

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Paternité-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Annexe I : Palette végétale arborée de la ligne 1 d'Angers (Source : AUP et al., 2006)

ANGERS L1 ARBRES	essences indigènes	essences exotiques	total quantitatif	total pourcentage
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1		6	0,7
<i>Albizzia juribrissin</i>		1	21	2,5
<i>Amelancier arborea 'Robin Hill'</i>		1	39	4,7
<i>Carpinus betulus</i>	1		77	9,2
<i>Carpinus betulus 'Frans Fontaine'</i>	1		69	8,2
<i>Fraxinus americana</i>		1	71	8,5
<i>Gleditsia triacanthos 'Skylle'</i>		1	45	5,4
<i>Koelreuteria paniculata</i>		1	7	0,8
<i>Liriodendron tulipifera 'fastigiata'</i>		1	51	6,1
<i>Liquidamba styraciflua</i>		1	150	17,9
<i>Liriodendron tulipifera</i>		1	7	0,8
<i>Magnolia grandiflora</i>	1		6	0,7
<i>Malus trilobata</i>		1	32	3,8
<i>Platanus x acerifolia</i>	1		23	2,7
<i>Quercus robur</i>	1		101	12,1
<i>Robinia pseudoacacia</i>		1	4	0,5
<i>Sophora japonica</i>		1	3	0,4
<i>Tilia x europa 'Pallida'</i>	1		27	3,2
<i>Tilia tomentosa</i>		1	95	11,3
<i>Zelkova serrata 'Gren Vase'</i>		1	4	0,5
20 espèces			Total	Total
Total quantitatif	7	13	838	100
Total pourcentage	35	65		

Annexe II : Palette végétale arborée de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)

TOURS L1 ARBRES	essences indigènes	essences exotiques	total quantitatif	total pourcentage
<i>Acer campestre</i>	1		235	10,48
<i>Acer X zoechense 'Annae'</i>		1	19	0,85
<i>Acer cappadocicum</i>		1	114	5,08
<i>Amelanchier laevis</i>		1	3	0,13
<i>Amelanchier canadensis</i>		1	1	0,04
<i>Aesculus x carnea 'Bruiotii'</i>	1		66	2,94
<i>Alnus cordata</i>		1	3	0,13
<i>Betula papyrifera</i>		1	2	0,09
<i>Carpinus betulus</i>	1		156	6,96
<i>Carpinus betulus rideau</i>	1		44	1,96
<i>Carpinus orientalis</i>		1	2	0,09
<i>Crataegus lavalleei 'Carrierei'</i>	1		2	0,09
<i>Celtis australis</i>		1	4	0,18
<i>Celtis occidentalis</i>		1	2	0,09
<i>Cerasus'Bigarreau Hatif de Burlat'</i>		1	3	0,13
<i>Cerasus'Bigarreau Van'</i>		1	1	0,04
<i>Cornus sanguinea</i>	1		10	0,45
<i>cornus florida cherokee chief</i>		1	15	0,67
<i>Cedrus atlantica</i>		1	1	0,00
<i>Cedrus libanii</i>		1	1	0,04
<i>Cercis siliquastrum</i>		1	5	0,22
<i>Chitalpa tashkentensis</i>		1	10	0,45
<i>Elaeagnus umbellata</i>		1	4	0,18
<i>Euodia danielli</i>		1	13	0,58
<i>Euonumus alatus</i>		1	18	0,80
<i>Fagus sylvatica</i>	1		27	1,20
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>		1	58	2,59
<i>Fraxinus excelsior</i>	1		8	0,36
<i>Fraxinus ornus</i>		1	2	0,09
<i>Fraxinus mariesii</i>		1	2	0,09
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1		5	0,22
<i>Fraxinus velutina</i>		1	6	0,27
<i>Hydrangea panniculata kyushu</i>		1	10	0,45
<i>Koelreuteria paniculata</i>		1	0	0,00
<i>Lagerstroemia indica</i>				0,00
<i>Liquidambar stiraciflua</i>		1	69	3,08
<i>Malus tschonoskii</i>		1	6	0,27
<i>Malus zumi 'Profesor Sprenger'</i>		1	30	1,34
<i>Malus sargentii</i>		1	9	0,40
<i>Malus 'Astrakan rouge'</i>		1	1	0,04
<i>Malus 'Reine des Renettes'</i>		1	2	0,09
<i>Malus 'Golden Delicious'</i>		1	1	0,04
<i>Malus Montreal Beauty</i>		1	4	0,18
<i>Malus denboeri Evelyn</i>		1	4	0,18
<i>Malus Red Sentinel</i>		1	3	0,13
<i>Malus sieboldii</i>		1	8	0,36
<i>Malus x Perpetu 'Everest' (haie)</i>		1	482	21,50
<i>Magnolia x Soulangeana</i>	1		0	0,00

Annexe II : suite

<i>Magnolia grandiflora</i>	1		6	0,27
<i>Magnolia kobus</i>		1	6	0,27
<i>Magnolia x soulangeana</i>		1		0,00
<i>Prunus serrotina</i>		1	5	0,22
<i>Prunus avium 'Plena'</i>	1		10	0,45
<i>Prunus amygdalus 'Rosa Plena'</i>		1		0,00
<i>Prunus domestica 'mirabelle de nancy'</i>	1		1	0,04
<i>Prunus domestica 'Quetsche d'Alsace'</i>	1		1	0,04
<i>Prunus accolade</i>		1	13	0,58
<i>Prunus incisa 'Yae Shidare Fuji Sakura'</i>		1	4	0,18
<i>Prunus fruticosa 'Globosa'</i>		1	18	0,80
<i>Prunus maackii 'Amber Beauty'</i>		1	1	0,04
<i>Pinus sylvestris 'Watereri'</i>		1	5	0,22
<i>Prunus sargentii</i>		1	39	1,74
<i>Prunus 'Hillieri Spire'</i>		1	7	0,31
<i>prunus serrulata</i>		1	16	0,71
<i>Prunus 'Pink Giant'</i>		1	11	0,49
<i>Prunus padus</i>	1		19	0,85
<i>Platanus x acerifolia</i>		1	20	0,89
<i>Pyrus calleryana faurieri</i>		1	17	0,76
<i>Pinus sylvestris</i>	1		28	1,25
<i>Pinus pinea</i>		1	10	0,45
<i>Pinus bungeana</i>		1	4	0,18
<i>Pinus uncinata</i>		1	14	0,62
<i>Pinus mugo 'Mughos'</i>		1	9	0,40
<i>Paulownia stillingensis</i>		1	0	0,00
<i>Quercus petrae</i>	1		136	6,07
<i>Quercus myrsinifolia</i>		1	23	1,03
<i>Quercus cerris</i>	1		169	7,54
<i>Quercus phellos</i>		1	11	0,49
<i>Quercus nigra</i>		1	2	0,09
<i>Syringa amurensis</i>		1	0	0,00
<i>Robinia pseudoacacia</i>		1	24	1,07
<i>Sophora japonica</i>		1	15	0,67
<i>Sorbus aria</i>		1	22	0,98
<i>Syringa amurensis</i>		1	7	0,31
<i>Syringa patula</i>		1	2	0,09
<i>Tilia cordata</i>	1		38	1,69
<i>Tilia europaea 'Pallida'</i>		1	18	0,80
<i>Tilia tomentosa</i>		1	17	0,76
<i>Ulmus 'Sapporo Autumn Gold'</i>		1	1	0,04
<i>Viburnum lantana</i>	1		25	1,12
89 especes			Total	Total
Total quantitatif	20	69	2244	100
Total pourcentage	22,5	77,5		

Annexe III : Palette végétale des arbustes, graminées, couvre-sols, fougères, vivaces et mélange engazonnée de la ligne 1 d'Angers (Source : AUP et al., 2006)

Arbustes, graminées, couvre-sols, fougères et vivaces
<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Carpinus betulus</i>
<i>Caryopteris X clandonensis</i>
<i>Cistus x oblongifolius</i>
<i>Choisya ternata</i>
<i>Choisya ternata 'sundance'</i>
<i>Cornus alba 'Sibirica'</i>
<i>Cytisus x praecox 'Allgold'</i>
<i>Escallonia 'Iveyii'</i>
<i>Festuca scoparia</i>
<i>Gaura lindheimeri</i>
<i>Hydrangea arborescens 'Annabelle'</i>
<i>Hamamelis intermedia 'Ruby Glow'</i>
<i>Hebe x franciscana 'Blue Gem'</i>
<i>Lavandula angustifolia 'Alba'</i>
<i>Miscanthus sinensis</i>
<i>Prunus lusitanica</i>
<i>Rosa Opalia Noaschnee Rosa 'Snow Ballet'</i>
<i>Stipa tenuifolia</i>
<i>Viburnum tinus</i>
<i>Viburnum tinus 'compactum'</i>
<i>Taxus baccata</i>
autres essences
TOTAL : 21 espèces
Plateforme engazonnée : mélange classique
Paturins des près
Fétuque rouge
Ray grass anglais
TOTAL : 3 espèces

Annexe IV : Palette végétale des arbustes de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)

Arbustes
BSE : Buxus sempervirens tffe 2xTrp 40/50
CSA : Cornus sanguinea tffe forte 5/7 br 60/80
CSK : Cornus stolonifera 'Kelsey' tffe forte 7/10 br 30/40
DMR : Deutzia 'Mont Rose' tffe forte 5/7 br 120/150
EAC : Euonymus alatus 'Compactus' tffe 2xTrp 100/120
EAL : Euonymus alatus tffe 2xTrp 50/60
EFC : Euonymus fortunei 'Coloratus' tffe forte 5/7 br 30/40
GHI : Genista hispanica tffe 3/5 br 40/60
HAG : Hebe 'Autumn Glory' tffe forte 5/7 br 40/60
LAE : Lavandula angustifolia 'Edelweiss' tffe forte 5/7 br 40/60
HAN : Hebe andersonii tffe forte 5/7 br 40/60
LIV : Ligustrum vulgare tffe forte 5/7 br 40/60
NDF : Nandina domestica 'Fire power' tff forte 5/7 br 40/610
LIN : Lavandula x intermedia tffe forte 5/7 br 40/60
OBU : Osmanthus x burkwoodii tffe forte 5/7 br 40/60
PAT : Perovskia atriplicifolia tffe forte 5/7 br 60/80
PFR : Potentilla fruticosa tffe forte 4/5 br 30/40
PTN : Pittosporum tobira 'Nana' tffe forte 5/7 br 30/40
RAL : Ribes alpinum tffe forte 5/7 br 50/60
RSP : Rosa pimpinellifolia tffe forte 3/5 br 20/30
SAI : Sorbaria aitchisonii tffe forte 5/7 br 60/90
SCA : Salix caprea tffe 2xTrp 80/100
SCH : Santolina chamaecyparissus tffe forte 30/40
SIH : Salix integra 'Hakuro Nishiki' tffe forte 5/7 br 120/150
SJL : Spirea japonica 'Little Princess' tffe forte 5/7 br 40/60
SRO : Salix rosmarinifolia tffe forte 7/10 br 60/80
SVU : Syringa x laciniata tffe forte 5/7 br 40/60
VDA : Viburnum davidii tffe forte 5/7 br 40/60
VLA : Viburnum lantana tffe 3/5 br 80/100
VOP : Viburnum opulus tffe 3/5 br 80/100
VUT : Viburnum utile tffe forte 5/7 br 60/80
TOTAL : 30 espèces

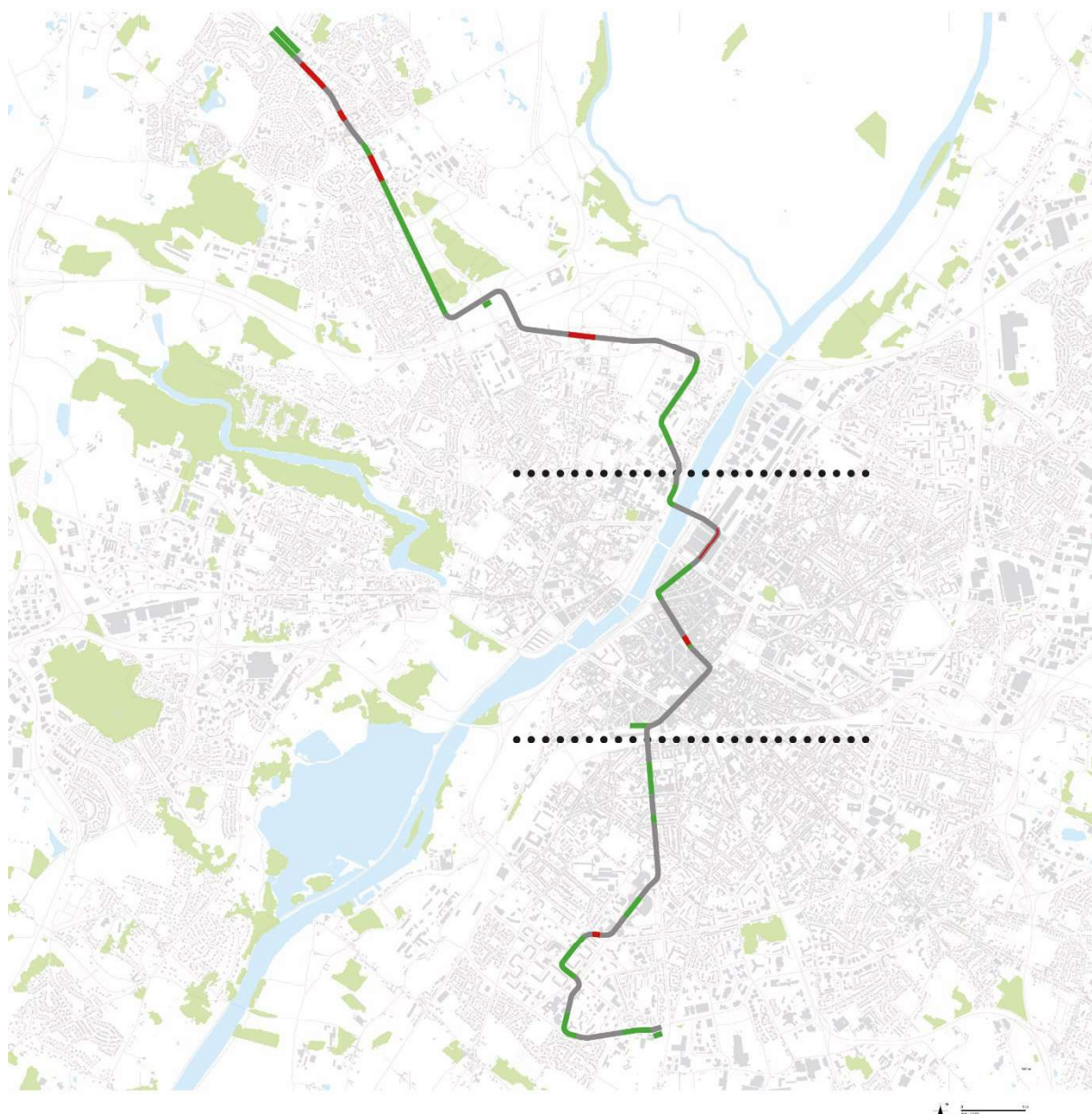
Annexe IV : Palette végétale des graminées, couvre-sols, fougères et vivaces de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)

Graminées, couvre-sols, fougères et vivaces
AAF : Allium aflatunense bulbes
ANH : Anemone x hybrida touffe forte 20/30
ARB : Agastache rugosa 'Black Adder' touffe forte
ASC : Andropogon scoparius touffe forte
ATE : Anthemis tinctoria 'EC Buxton' touffe forte 20/30
BBR : Bergenia 'Bressingham Ruby' touffe forte
CAL : Cephalaria alpina touffe forte 20/30
CBU : Carex buchananii touffe forte
CCA : Cynara cardunculus touffe forte 20/30
CEL : Carex elata touffe forte
CGR : Carex grayi touffe forte
CMO : Carex morrowii touffe forte
CMU : Carex muskingumen touffe forte
DFM : Dryopteris filix mas touffe forte 20/30
EBM : Eryssimum ' Bowles Mauve ' Touffe forte 20/30
ECH : Euphorbia characias touffe forte 30/40
EVE : Epimedium versicolor touffe forte 20/30
FEB : Festuca 'Elijah Blue' touffe forte
GMA : Geranium macrorrhizum touffe forte
HHC : Heuchera hybride 'Beauty Colour' touffe forte
HHE : Hedera helix touffe forte 20/30
HHH : Hedera Hibernica touffe forte
LPE : Linum perenne touffe forte 20/30
LAR : Leymus arenarius touffe forte 20/30
LRH : Lupinus Russel Hybrids touffe forte 20/30
LSP : Liriope spicata touffe forte 20/30
MCV : Molinia caerulea 'Variegata' touffe forte
MMI : Macleaya microcarpa touffe forte
NDE : Nemesia denticulata touffe forte
PAL : Pennisetum alopecuroides touffe forte 30/40
PLS : Paeonia lactiflora 'Sarah Bernardt' touffe forte
PPU : Pleioblastus pumilus touffe forte
RBA : Rubus 'Betty Ashburner' touffe forte
RTR : Rubus tricolor touffe forte 20/30
SCP : Scabiosa columbaria 'Pink Mist' touffe forte
SEH : Sidalcea 'Elsie Heugh' touffe forte
SMA : Sedum x matrona touffe forte
SNC : Salvia nemorosa 'Caradonna' touffe forte
STE : Stipa tenuifolia touffe forte
VAC : Vinca acutiloba touffe forte 20/30
VMO : Vinca major
VSC : Verbascum 'Southern Charm' touffe forte
TOTAL : 41 espèces

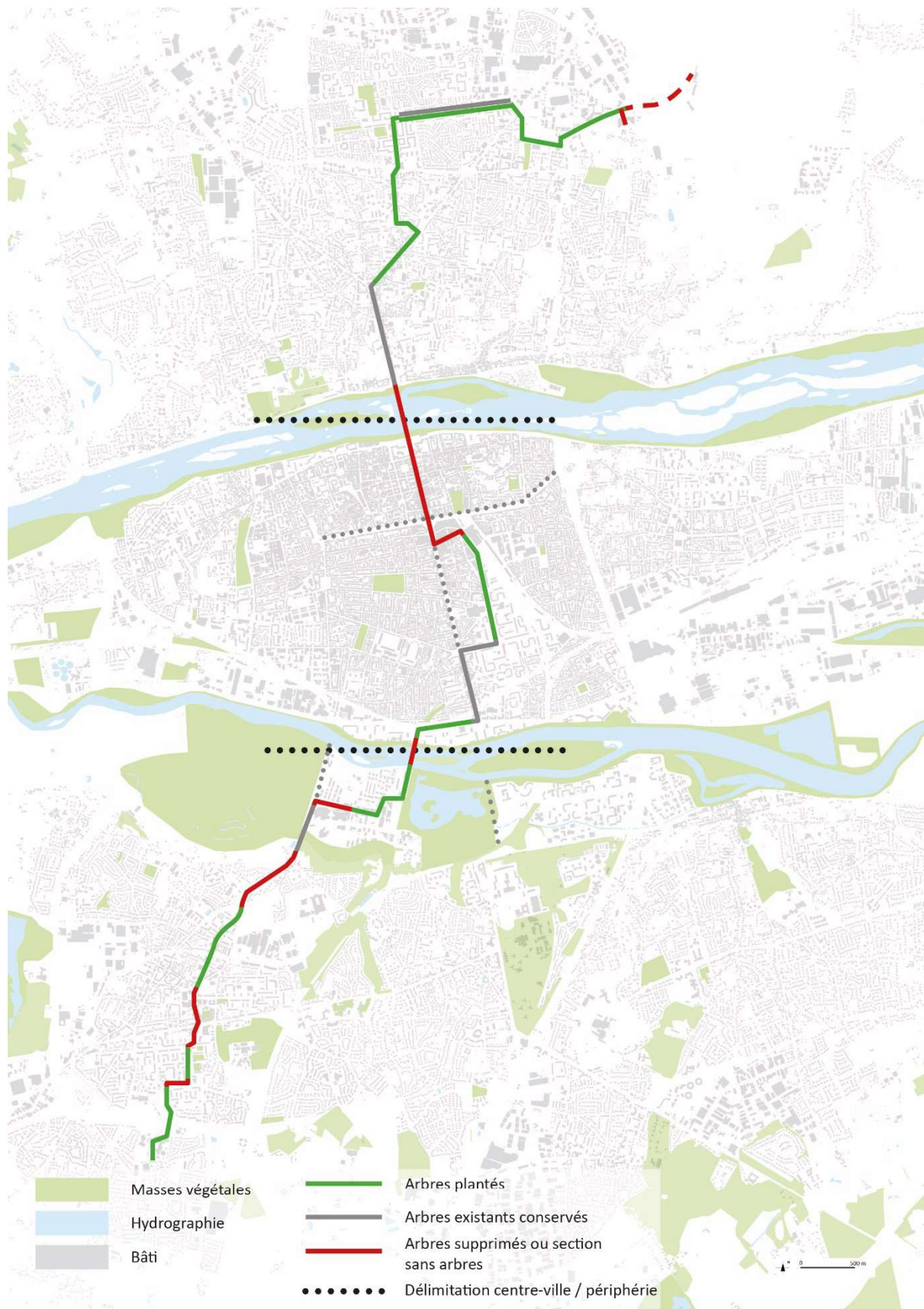
Annexe IV : Palette végétale des mélanges engazonnées de la ligne 1 de Tours (Source : Richez Associés, 2010)

Plateforme engazonnée : mélange classique
Paturins des près
Fétuque rouge
Ray grass anglais
Mélange herbacé pour zones ensoleillées - 20g/m ²
Fétuque ovine
<i>Koeleria macrantha</i>
<i>Achillea millifolium</i>
<i>Sanguisorba minor</i>
<i>Sedum acre</i>
<i>Sedum album</i>
<i>Thymus pulegioides</i>
<i>Thymus Serpyllum</i>
<i>Dianthus deltoides</i>
<i>Lotus corniculatus</i>
Mélange herbacé pour zones ombragées - 25g/m ²
Fétuque élevée
Canche gazonnante
Paturin des près
<i>Centaurea jaceae</i>
<i>Prunella vulgaris</i>
<i>bellis perennis</i>
<i>Galium verum</i>
Gazon classique économique - 35g/m ²
Fétuque élevée
TOTAL : 21 espèces

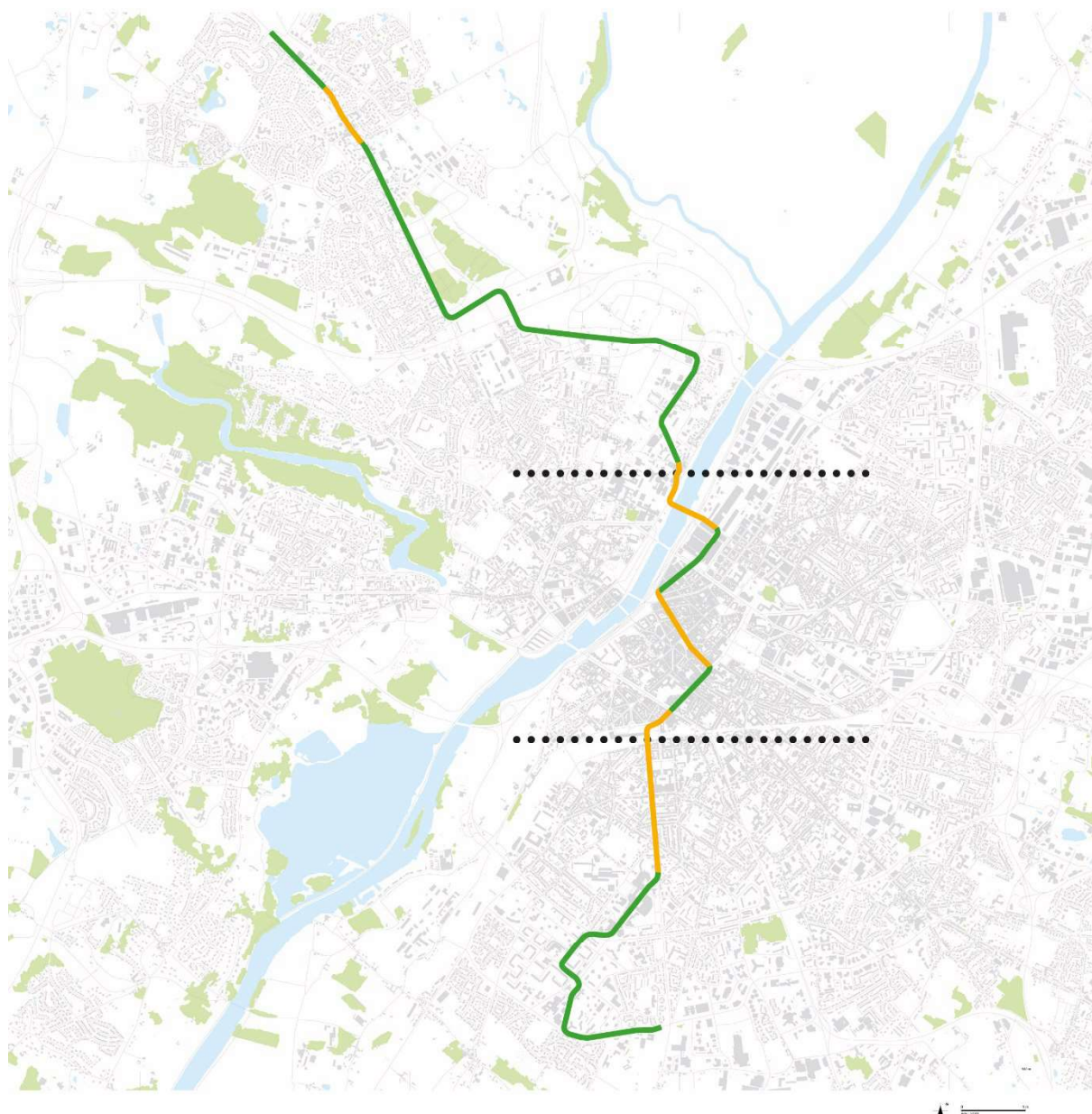
Annexe V : Plan synoptique des conservations et plantations d'arbres de la ligne 1 d'Angers
(Source : AUP et al., 2006)



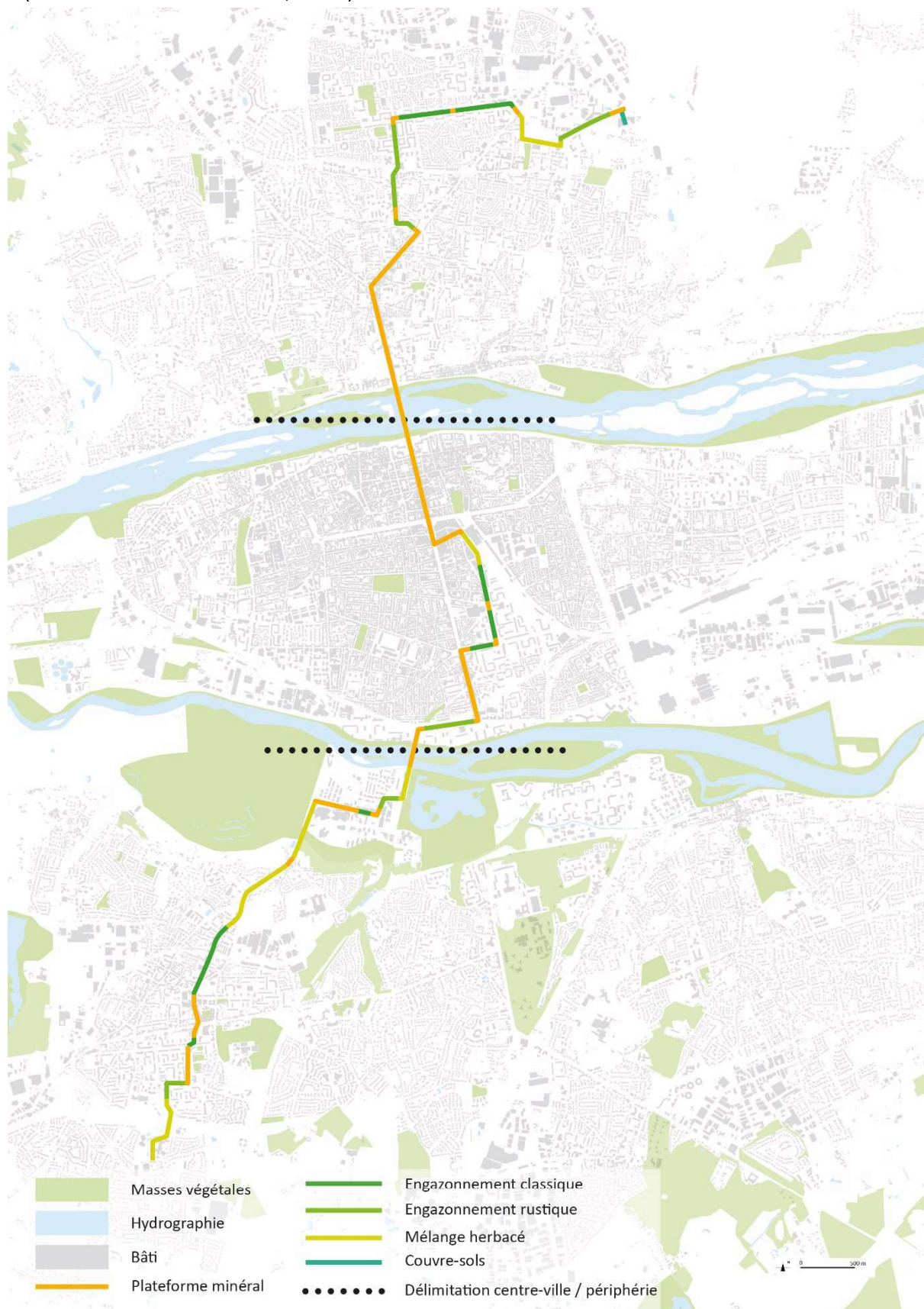
Annexe VI : Plan synoptique des conservations et plantations d'arbres de la ligne 1 de Tours
(Source : Richez Associés, 2010)



Annexe VII : Plan synoptique des revêtements de la plateforme de la ligne 1 d'Angers
(Source : AUP et al., 2006)



Annexe VIII : Plan synoptique des revêtements de la plateforme de la ligne 1 de Tours
(Source : Richez Associés, 2010)



Annexe IX : Palette végétale arborée de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)

ANGERS L2 ARBRES	essences indigènes	essences exotiques	total quantitatif	total pourcentage
<i>Acer campestre</i>	1		38	3,3
<i>Acer buergerianum</i>		1	3	0,3
<i>Acer saccharinum</i>		1	18	1,5
<i>Acer 'Norwegian Sunset'</i>		1	19	1,6
<i>Acer X zoechense 'Annae'</i>		1	58	5,0
<i>Acer cappadocicum</i>		1	59	5,1
<i>Acer truncatum x platanoides 'Pacific Sunset'</i>		1	24	2,1
<i>Acer rubrum 'Scanlon'</i>		1	41	3,5
<i>Abies pinsapo</i>		1		0,0
<i>Alnus X spaethii</i>		1	1	0,1
<i>Amelanchier canadensis</i>		1	5	0,4
<i>Amelanchier lamarckii</i>		1	8	0,7
<i>Amelanchier 'Robin Hill'</i>		1	0	0,0
<i>Aralia elata</i>		1	5	0,4
<i>Aesculus x carnea 'Bruiotii'</i>	1		4	0,3
<i>Betula utilis 'Jacquemontii'</i>		1	31	2,7
<i>Carpinus betulus</i>	1		30	2,6
<i>Crataegus lavalleyi 'Carrierei'</i>	1		7	0,6
<i>Crataegus monogyna</i>		1	0	0,0
<i>Celtis australis</i>		1	2	0,2
<i>Cedrela sinensis</i>		1	1	0,1
<i>cornus florida cherokee chief</i>		1	18	1,5
<i>Euodia danielli</i>		1	34	2,9
<i>Fraxinus angustifolia 'Raywood'</i>		1	4	0,3
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>		1	21	1,8
<i>Fraxinus ornus</i>		1	7	0,6
<i>Gleditsia triacanthos 'Sun Burst'</i>		1	75	6,4
<i>Gymnocladus dioicus</i>		1	3	0,3
<i>Hydrangea paniculata kyushu</i>		1	15	1,3
<i>Liquidambar styraciflua</i>		1	11	0,9
<i>Malus tschonoskii</i>		1	48	4,1
<i>Malus zumi 'Profesor Sprenger'</i>		1	4	0,3
<i>Malus sargentii</i>		1	29	2,5
<i>Malus sieboldii</i>		1	21	1,8
<i>Magnolia loebneri 'Merrill'</i>		1	4	0,3
<i>Magnolia kobus</i>		1	2	0,2
<i>Prunus accolade</i>		1		0,0
<i>Prunus serrotina</i>		1	3	0,3
<i>Prunus incisa</i>		1	44	3,8
<i>Prunus incisa 'Yae Shidare Fuji Sakura'</i>		1	13	1,1
<i>Prunus maackii 'Amber Beauty'</i>		1	1	0,1
<i>Prunus sargentii</i>		1	0	0,0
<i>Prunus 'Hillieri Spire'</i>		1	8	0,7
<i>prunus serrulata</i>		1	7	0,6
<i>Prunus serrulata 'Taihaku'</i>		1	3	0,3
<i>Prunus serrulata 'Sunset Boulevard'</i>		1	1	0,1

Annexe IX : Suite

<i>Prunus serrulata</i> 'Shiro Fugen		1	1	0,1
<i>Prunus padus</i> 'Watereri'		1	1	0,1
<i>Prunus padus</i>	1		25	2,1
<i>Pyrus calleryana</i> 'Capital'		1	22	1,9
<i>Pinus sylvestris</i>	1		6	0,5
<i>Pinus bungeana</i>		1	1	0,1
<i>Parrotia persica</i>		1	1	0,1
<i>Platanus orientalis</i>		1	1	0,1
<i>Quercus accutissima</i>		1	20	1,7
<i>Quercus petrae</i>	1		56	4,8
<i>Quercus frainetto</i>		1	12	1,0
<i>Quercus rysophylla</i>		1	13	1,1
<i>Quercus castaneifolia</i>		1	7	0,6
<i>Quercus coccinea</i>		1	4	0,3
<i>Quercus glauca</i>		1	5	0,4
<i>Quercus hispanica</i>		1	0	0,0
<i>Quercus imbricaria</i>		1	4	0,3
<i>Quercus macrocarpa</i>		1	5	0,4
<i>Quercus nigra</i>		1	5	0,4
<i>Quercus variabilis</i>		1	8	0,7
<i>Quercus myrsinifolia</i>		1	2	0,2
<i>Quercus cerris</i>	1		43	3,7
<i>Quercus phellos</i>		1	38	3,3
<i>Syringa amurensis</i>		1	0	0,0
<i>Robinia pseudoacacia</i>		1	5	0,4
<i>Sequoia sempervirens</i>		1	1	0,1
<i>Sophora japonica</i>		1	2	0,2
<i>Sorbus aria</i> 'Magnifica'		1	68	5,8
<i>Tilia henryana</i>		1	1	0,1
<i>Tilia cordata</i>		1	13	1,1
<i>Ulmus sapporo</i> 'Autumn Gold'		1	1	0,1
<i>Zelkova serrata</i> 'Green Vase'		1	74	6,4
78 especes			Total	Total
Total quantitaf	8	70	1087	100,0
Total pourcentage	10,3	89,7		

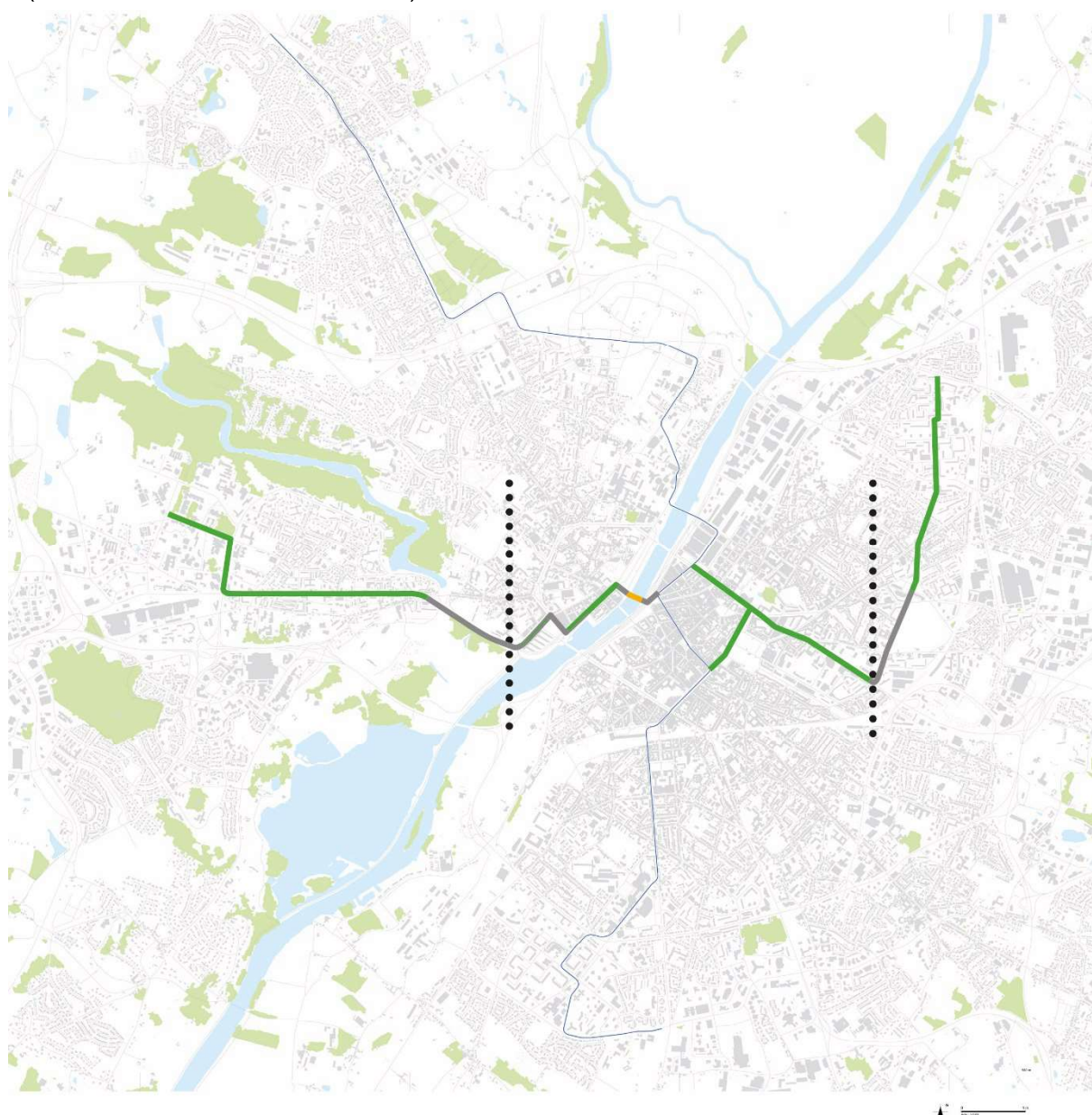
Annexe X : Palette végétale des arbustes, graminées, couvre-sols, fougère et vivaces de la ligne 2 d'Angers (Source : Richez Associés, 2015)

Arbustes, graminées, couvre-sols, fougères et vivaces
<i>Allium aflatunense</i>
<i>Anthemis tinctoria</i> 'E C Buxton'
<i>Cephalaria alpina</i>
<i>Erysimum</i> 'Bowles Mauve'
<i>Lavandula angustifolia</i> 'Edelweis'
<i>Linum perenne</i>
<i>Pittosporum tobira</i> 'Nana'
<i>Scabiosa columbaria</i> 'Pink Mist'
<i>Sidalcea</i> 'Elsie Heugh'
<i>Euphorbia characias</i>
<i>Verbascum</i> 'Southern Charm'
<i>Cornus stolonifera</i> 'Kelsey'
<i>Epimedium versicolor</i>
<i>Hedera helix</i>
<i>Nandina domestica</i> 'Fire power'
<i>Pittosporum tobira</i> 'Nana'
<i>Epimedium versicolor</i>
<i>Waldstenia ternata</i>
<i>Carex caryophyllea</i>
<i>Liriope</i> 'Pee Dee Gold Ingot'
<i>Pericaria affinis</i>
<i>Trachystemon</i>
<i>Prunella grandiflora</i>
<i>Anemone x hybrida</i>
<i>Buxus sempervirens</i>
<i>Carex morrowii</i>
<i>Genista hispanica</i>
<i>Heuchera hybride</i> 'Beauty Colour'
<i>Leymus arenarius</i>
<i>Lavandula x intermedia</i>
<i>Lupinus Russel</i>
<i>Santolina chamaecyparissus</i>
<i>Carex buchananii</i>
<i>Lupinus Russel Hybrids</i>
<i>Salix integra</i> 'Hakuro Nishiki'
<i>Stipa tenuifolia</i>
<i>Agastache rugosa</i> 'Black Adder'
<i>Andropogon scoparius</i>
<i>Cynara cardunculus</i>
<i>Festuca</i> 'Elijah Blue'
<i>Nemesia denticulata</i>
<i>Paeonia lactiflora</i> 'Sarah Bernardt'
<i>Salvia nemorosa</i> 'Caradonna'
<i>Aralia cordata</i> 'Sun King'
<i>Aruncus aethusifolius</i> 'Horaito'
<i>Cimifuga simplex</i> 'White Pearl'
<i>Hosta</i> 'Sum and Substance'
<i>Hydrangea paniculata</i>
<i>Lysimachia clethroides</i>
<i>Panicum virgatum</i> 'Sqaww'

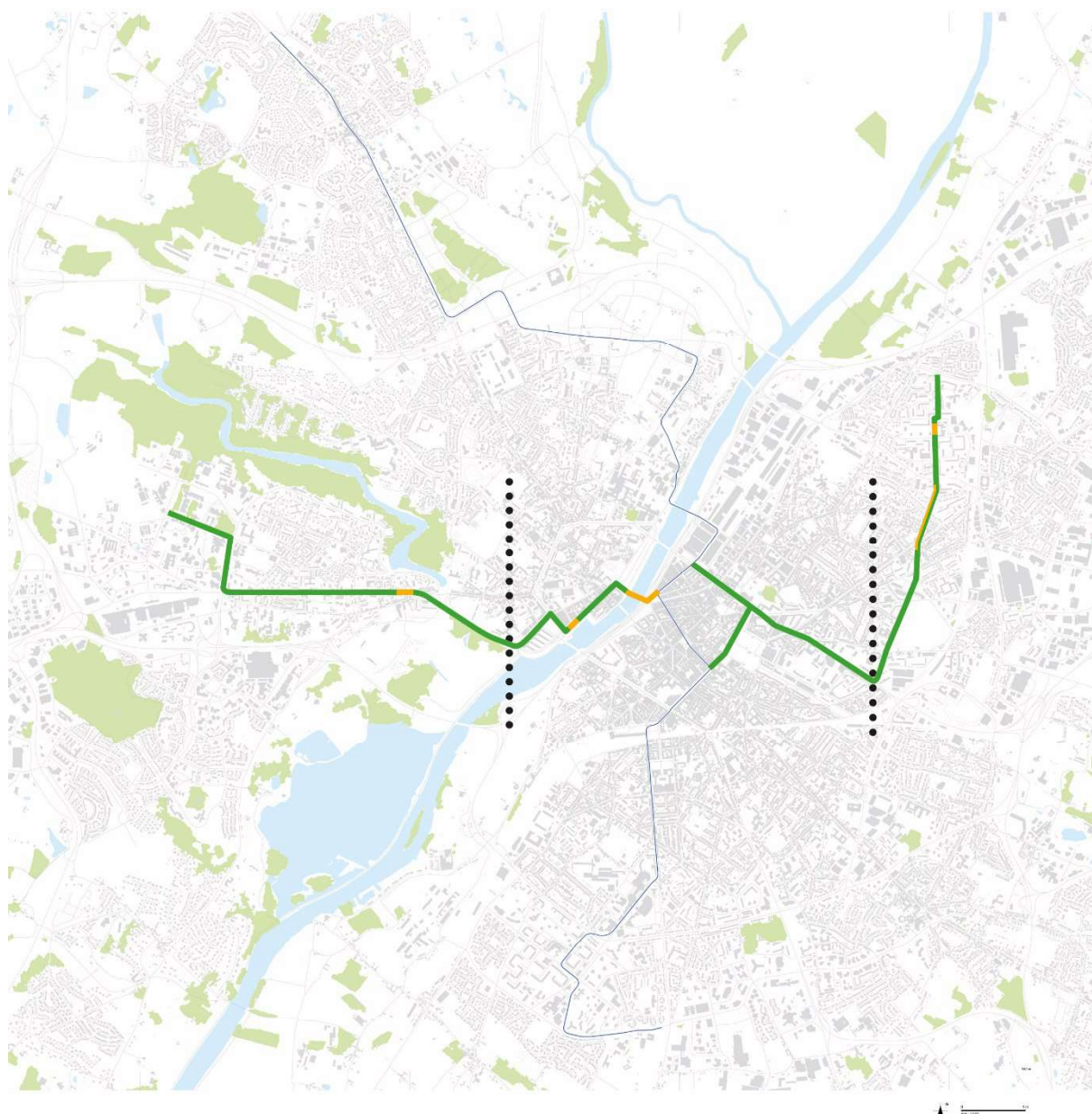
Annexe X : Suite


<i>Persicaria 'Black Field'</i>
<i>Woodwardia fimbriata</i>
<i>Agastache foeniculum 'Golden Jubilé'</i>
<i>Ajuga reptans</i>
<i>Anemona 'Honorine Jobert'</i>
<i>Aster laterifolius 'Lady in Black'</i>
<i>Astranta major 'Super Star'</i>
<i>Brunnera macrophylla</i>
<i>Digitalis purpurea 'Snow Thimble'</i>
<i>Echinacea purpurea 'Green Jewel'</i>
<i>Geranium macrorrhizum 'Spessart'</i>
<i>Leucanthemella serotina</i>
<i>Sedum 'Matrona'</i>
<i>Cornus sanguinea</i>
<i>Cornus stolonifera 'Kelsey'</i>
<i>Euonymus alatus 'Compactus'</i>
<i>Euonymus alatus</i>
<i>Ligustrum vulgare</i>
<i>Syringa x laciniata</i>
<i>Viburnum lantana</i>
<i>Viburnum opulus</i>
<i>Osmanthus x burkwoodii</i>
<i>Leucanthemella serotina ,</i>
<i>Anemone 'Honorine Jobert',</i>
<i>Hosta sieboldiana 'Elegans',</i>
<i>Artemisia 'Valerie Finnis',</i>
<i>Cymbalaria pallida 'Albiflora',</i>
<i>Digitalis</i>
<i>Phlox paniculata 'David',</i>
<i>Lysimachia celthroides</i>
<i>Phalaris 'Luteopicta',</i>
<i>Veronicastrum virginicum 'Album'</i>
<i>Primula 'Dawn Ansell',</i>
<i>Helleborus 'White Lady Spotted'</i>
<i>Viola ,</i>
<i>Muscari ,</i>
<i>Pulmonaria ,</i>
<i>Hosta 'Blue Cadet',</i>
<i>Alchemilla mollis ,</i>
<i>Leucojum ...</i>
<i>Brunnera 'Jack Frost'</i>
<i>Artemisia 'Powis Castle',</i>
<i>Echinacea ,</i>
<i>Orlaya ,</i>
<i>Aster 'Monte Cassino',</i>
Total : 94 espèces

Annexe XI : Plans synoptiques des abbatages et plantations d'arbres de la ligne 2 d'Angers
(Source : Richez Associés, 2015)



Annexe XII : Plan synoptique des des revêtements de la plateforme de la ligne 2 d'Angers
(Source : Richez Associés, 2015)



	Diplôme : Ingénieur Spécialité : Paysagiste Spécialisation / option : POP (Paysage : Opérationnalité de Projet) Enseignant référent : Patrice Cannavo
Auteur(s) : Rémi Michel Date de naissance* : 14/09/1994	Organisme d'accueil : Richez Associés Adresse : 2 rue de la Roquette 75011 Paris
Nb pages : 40 Annexe(s) : 12	
Année de soutenance : 2019	Maître de stage : Pierre-Alexandre Cochez
Titre français : Dans quelles mesures les projets de tramway répondent-ils aux enjeux des villes durables ? Titre anglais : In which way light rail projects meet the challenges of sustainable cities ?	
Résumé (1600 caractères maximum) : <p>Les enjeux du milieu urbain sont nombreux : restauration de la biodiversité, lutte contre l'étalement urbain, les îlots de chaleur, et adaptation aux changements climatiques. Au vu de son impact conséquent sur l'environnement, la mobilité s'avère être un levier déterminant pour répondre à ces enjeux, afin d'obtenir une ville durable. A travers le projet de tramway, qui a fait son grand retour en France depuis presque 30 ans, ce mémoire tente de déterminer dans quelles mesures celui-ci peut répondre aux enjeux des villes durables.</p> <p>Après une brève mise en contexte de l'apparition du tramway en France et de la ville durable, ce mémoire propose une analyse concrète de son impact sur les 3 piliers du développement durable, à travers les premières lignes de tramway de Tours et Angers. Des recommandations issues de l'analyse concluent cette étude, afin de proposer quelques leviers d'actions s'offrant aux paysagistes, ainsi qu'à l'ensemble des acteurs de l'aménagement de l'espace public.</p>	
Abstract (1600 caractères maximum) : <p>Urban areas have many challenges: biodiversity restoration, urban sprawl, urban heat islands, and adaptation to climate changes. Thanks to its consequent impact on environment, mobility is a massive opportunity to meet with the challenges of sustainable cities. Through light rail projects, which is reintroduced in French cities since 30 years, this report try to determinate in which way light rail meet the challenges of sustainable cities.</p> <p>After a short presentation of apparition context of light rail projects and sustainable cities, this report propose an analysis of the impacts of light rail on the three crutches of sustainable development. For this, a concrete study of Angers and Tours light rail projects support this analysis. To conclude, recommendations are proposed as solutions for landscaper and actors of public spaces development.</p>	
Mots-clés : ville durable, projet de tramway, biodiversité, étalement urbain, îlots de chaleur urbain, perméabilité, albédo, végétalisation, minéralisation Key Words: sustainable cities, light rail projects, biodiversity, urban sprawl, urban heat islands, permeability, albedo, revegetation, mineralization	