

**Des quartiers de gare plus verts, plus denses?
Geo-design et Green Transit-Oriented Development à Los Angeles**

Veloso e Zárata, H.; Triggianese, M.

Publication date

2024

Document Version

Final published version

Published in

La nouvelle nature des gares

Citation (APA)

Veloso e Zárata, H., & Triggianese, M. (2024). Des quartiers de gare plus verts, plus denses? Geo-design et Green Transit-Oriented Development à Los Angeles. In N. Baron, N. Le Bot, & P. Detavernier (Eds.), *La nouvelle nature des gares* (pp. 179-191). (GéoTraverses). Presses Universitaires de Vincennes.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository

'You share, we take care!' - Taverne project

<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.

Des quartiers de gare plus verts, plus denses ? *Geo-design et Green Transit-Oriented Development à Los Angeles*

Halina Veloso e Zarate
et Manuela Triggianese

Depuis l'avènement de l'expression « développement durable », les enjeux de la croissance urbaine et du changement climatique sont devenus des éléments majeurs de la recherche et de l'enseignement dans toutes les écoles de géographie, d'urbanisme et d'architecture du monde. Les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) renforcent la prise de conscience de l'urgence à agir et mettent la pression sur l'importance de la recherche-action pour modifier concrètement le cadre urbain. Les climatologues notent que l'urbanisation planétaire a grandement influencé la distribution spatiale et l'intensité des émissions de carbone, et qu'elle affecte négativement le changement climatique. Pour autant, ils soulignent que des métropoles bien planifiées, avec des centres densément peuplés, produisent des bénéfices nombreux si une bonne accessibilité aux infrastructures et services est garantie (économies d'énergie, qualité de l'air, notamment).

Le *Transit-Oriented Development* (TOD) est né à la fin des années 1980 dans les grandes métropoles américaines du constat des effets négatifs du *sprawl* (étalement résidentiel) (Cervero et Kockelmann 1997, Padeiro *et al.* 2018). Ce modèle, fortement soutenu par les institutions internationales (Salat et Ollivier 2016), s'est diffusé internationalement avec des adaptations plus spécifiques selon les continents, les cultures ingénieriques, les politiques urbaines, et selon la place du transport ferré dans le façonnement des morphologies urbaines (Thomas *et al.* 2018). Par-delà ces diversités de déclinaisons, le TOD favorise le recentrage de régions urbaines autour du transport collectif et promeut la structuration d'axes d'urbanisation denses le long de corridors ferroviaires (métro, métro de surface ou tramway, lignes de banlieue) qui permettrait d'accompagner une baisse de la part modale de la voiture individuelle, et donc la réduction des émissions de polluants et de CO₂ (Bertolini *et al.* 2012). En outre, le TOD souligne l'importance d'une planification spatiale et fonctionnelle de grande qualité dans les

espaces urbains, aux abords des nœuds de ces réseaux ferrés urbains (gares ou stations de métro), car ces derniers sont des terrains propices à une évolution de la valeur foncière et immobilière, à des effets de concurrence entre fonctions (commerciales, résidentielles) (Triggiante *et al.* 2018). Un aménagement satisfaisant de ces gares et stations intègre les trois principales composantes de la durabilité : l'environnement, l'économie et le social. Par exemple, des programmes immobiliers mixtes (résidences, bureaux et commerces) sont favorables aux agents économiques mais participent aussi à réduire les déplacements des ménages, ce qui diminue la pollution. La production de pôles gares associés à des parcs et jardins publics renvoie à l'aspect socio-environnemental de la durabilité, car les usagers du transport et les habitants du quartier peuvent flâner, s'attarder, conférant ainsi une identité distinctive au quartier et une attractivité propre. L'un des fondements du succès de ces quartiers consiste à les rendre accessibles à pied et à vélo, ce qui participe aussi à la dimension environnementale du projet. Cependant, rendre tous ces objectifs compatibles accroît la complexité du travail des concepteurs et oblige à intégrer de très grandes quantités de données de tous ordres.

Les méthodes fondées sur l'analyse de données contribuent donc à l'élaboration de propositions d'aménagement de nœuds de transport car elles permettent de traiter plusieurs thématiques interdépendantes en même temps. Les systèmes d'information géographique (SIG) et la modélisation des informations du bâtiment (BIM, pour *Building Information Modelling*) aident à visualiser virtuellement les projets de quartiers de gare en deux et en trois dimensions. Ainsi, les opérateurs peuvent caractériser le contexte urbain de manière plus approfondie, et produire une pluralité de scénarios d'aménagements qui, chacun, offrent des situations d'optimum relatif et permettent de chercher des équilibres ou de construire des compromis. Pour ce faire, il faut d'abord rassembler de grandes quantités de données d'entrée puis les spatialiser (par leurs coordonnées de géolocalisation) dans des couches de SIG et via le BIM, sous forme de modèles 3D. De très nombreux logiciels (comme ArcGis, QGIS, Catia, Rhinoceros 3D, Grasshopper, SketchUp, Revit, etc.) ont permis la montée en compétences des métiers de la conception urbaine (Lee *et al.* 2014). Le grand mouvement d'informatisation des méthodes architecturales est né de ce *boom* des logiciels (Hagan 2008). Le *geo-design* désigne l'intégration de l'analyse de données géospatiales et il oriente le travail de conception urbaine et architecturale vers la modélisation et la visualisation de formes réelles ou simulées associées à des relevés de terrain et des calculs automatisés. Nous nous situons au sein de ces recherches et présentons dans ce chapitre une illustration de la portée heuristique de cette démarche car, suivant l'exemple de Mollie Claypool (2019), nous pensons que la meilleure manière d'appliquer le *geo-design* est de partir de cas réels et de travailler au contact direct des praticiens afin de tester le potentiel et les limites de ces outils.

Cadres théoriques : la géoconception et le *Green TOD*

Par sa dimension intégrative, le *geo-design* permet de produire des scénarios d'aménagement et d'évaluer en même temps leur pertinence et leur performance. Cette dimension résulte de la très rapide évolution des performances techniques de calcul et de représentabilité graphique des données obtenues par les ordinateurs qui assistent les spécialistes des métiers de la ville (architectes, géographes, urbanistes, designers, paysagistes, etc.) et qui conduisent ces derniers à travailler essentiellement au moyen de géovisualisations (Bissell et Fuller 2017).

Dans le cas de la création ou de la transformation de la forme urbaine d'un quartier concerné par l'extension ou la création d'une ligne de transport collectif, on peut par exemple faire varier la densité (traduite par la quantité de surface brute de plancher construite par rapport à la surface de terrain disponible à une distance « marchable » d'une station de transport) et mesurer en quoi ce critère impacte l'encombrement des voiries, la saturation, ou au contraire la fluidité du service de transport, etc. La densité, bien évidemment, n'est pas une donnée brute mais une donnée secondaire que l'on construit sur la base de couches d'informations comprenant les cartes cadastrales de la zone d'étude, les cartes de réseaux viaires, énergétiques, les plans des bâtiments existants et à construire, et l'enveloppe de hauteur autorisée par la législation. L'objectif est de s'approcher d'un potentiel de densité optimal bien réparti dans l'ensemble du quartier, et qui financera l'investissement dans l'équipement de transport collectif et en assurera la fréquentation suffisante, et donc la rentabilité à moyen ou long terme. Ainsi, ces instruments techniques accompagnent la montée en puissance de connaissances complexes pour les chercheurs qui s'intéressent à la coordination de la planification urbanisme transport, et aident aussi les responsables publics quant à la prise de décision de la taille ou de la localisation des équipements de transport, ou encore les responsables de la voirie et de l'espace public et les promoteurs quant à la forme et au phasage des projets de logements ou de bureaux.

Faire des choix dans le développement de quartiers de gare implique souvent de favoriser un aspect ou un critère par rapport à d'autres, et conduit donc à des débats internationaux sur la possibilité d'optimiser la plus grande quantité de paramètres (Ibraeva *et al.* 2020). Robert Cervero, fondateur de l'expression « *Transit-Oriented Development* », fait désormais référence à différents types de TOD dits « spécialisés ». Il a introduit le *Green TOD* (Cervero *et al.* 2017), une stratégie qui, à travers l'aménagement du quartier de gare, favorise la réduction de la consommation d'énergie, des émissions, de la pollution de l'eau et des déchets, tout en soutenant l'aménagement de parcs et jardins. Cervero insiste sur la nécessité de toujours articuler la compréhension individuelle de chacun des nœuds et une réflexion aux échelles méso et macro, au travers desquelles les lignes de transport public ferrées doivent s'harmoniser avec les trames et les ceintures vertes métropolitaines.

Il est largement relayé par des travaux plus récents qui insistent sur l'importance d'une approche trans-scalaire pour croiser redéveloppement des réseaux de transport collectif et planification urbaine (Knowles et Ferbrache 2019). À l'échelle du quartier – ou micro –, les principes de conception du *Green TOD* intègrent des objectifs stricts en matière de consommation d'énergie et d'eau, et tendent à travailler sur les synergies entre accessibilité aux espaces verts et accessibilité aux transports. À l'échelle du réseau – ou macro –, les outils d'analyse du *Green TOD* doivent pousser les concepteurs à trouver des solutions innovantes pour surmonter les contraintes des sites urbains (franchissement de coupures, réponse à des problématiques d'îlots de chaleur, étalement urbain extrême, embouteillages, smog, sécheresses et incendies de forêt). Avec l'augmentation de la température prévue pour 2050, Los Angeles souffrira de vagues de chaleur plus extrêmes et plus fréquentes, d'une réduction de l'accumulation de neige pour alimenter les réserves d'eau locales, tout en devant accueillir 1,5 million de nouveaux habitants.

Dans ce contexte inquiétant, ce chapitre tente de répondre à la question suivante : « Comment les méthodes de *geo-design* aident-elles à dessiner des nœuds de transport durables intégrant des critères de *Green TOD* ? » Pour y répondre, il présente les étapes d'une étude de cas insérée dans le projet de prospective intitulé « *Sustainable Los Angeles 2050* » réalisé par l'Université de Californie à Los Angeles (UCLA). Le projet visait à accompagner la transition du comté de Los Angeles vers un objectif de 100 % d'énergie renouvelable, 100 % d'eau locale et de régénération de l'écosystème urbain d'ici 2050.

Contexte géographique

Les grandes métropoles américaines ont été largement étudiées du point de vue de l'applicabilité de formes de TOD, car elles ont été en bonne partie structurées par des axes routiers ou ferrés linéaires très longs, à partir du XIX^e siècle (Modarres et Dierwechter 2015). À la fin des années 2010, Los Angeles s'engage dans une réflexion stratégique sur la relance du ferroviaire et la rénovation des quartiers, le long des axes de transports, sous l'effet de trois facteurs conjoints. D'une part, la dégradation environnementale du cadre de vie est liée à la fuite des populations blanches et à son remplacement par des communautés discriminées qui ont mené plusieurs révoltes raciales (Cohen 2002). Par endroits, l'état de dégradation et d'abandon du centre-ville est arrivé à un point limite pour l'habitabilité de cette zone. Ensuite, à partir du milieu des années 2010, l'État fédéral a porté un projet d'une ligne côtière à grande vitesse susceptible de relier les grandes métropoles qui a conduit les acteurs publics et privés à envisager la réhabilitation de plusieurs anciennes gares des centres-villes des métropoles de la côte ouest. À cette occasion, les autorités ont relancé la réflexion prospective

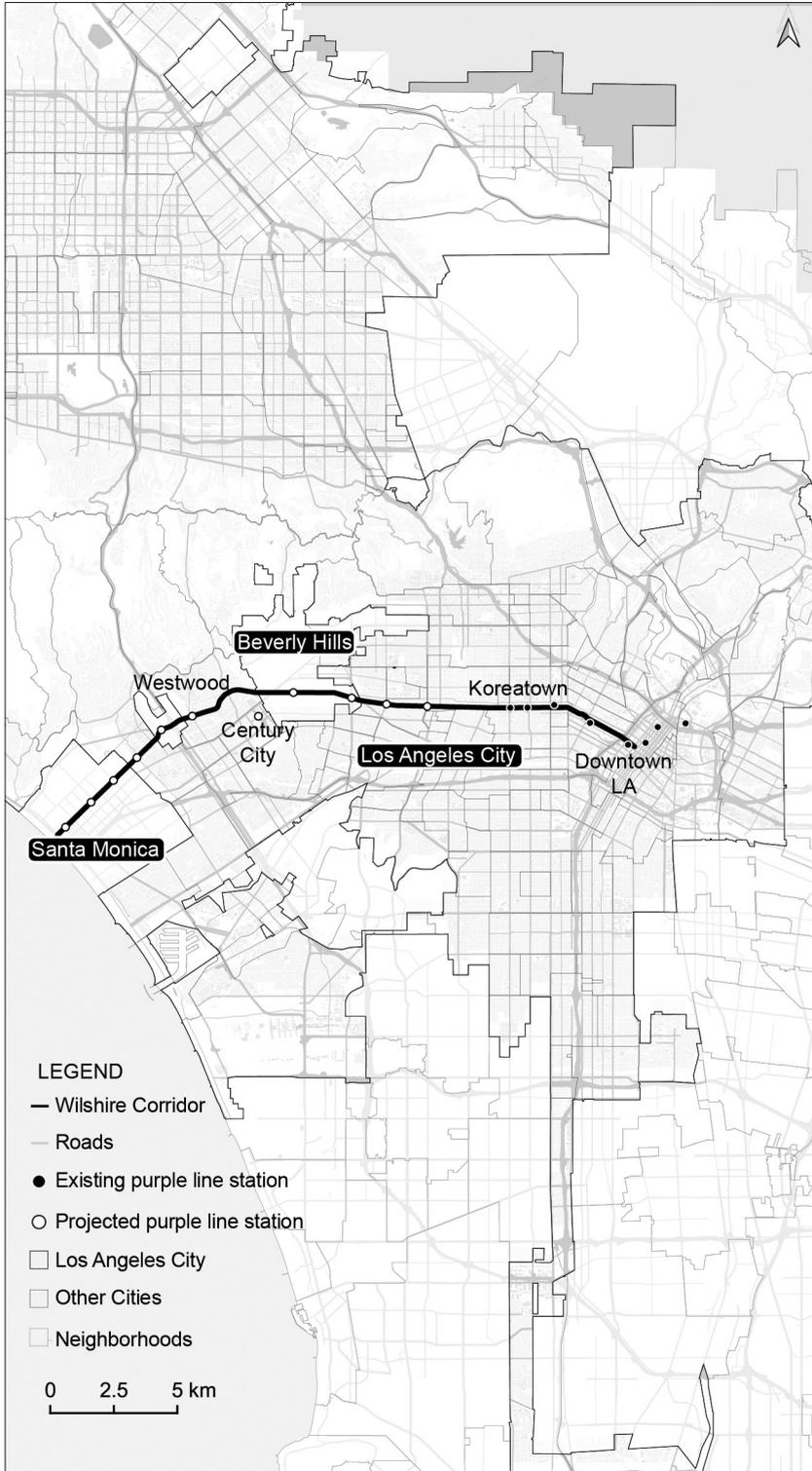
sur leurs quartiers de gare (Ruggieri 2014). Enfin, à la fin des années 2010, les acteurs urbains ont exprimé la volonté de revaloriser des zones de très faible densité et de décroissance des revenus fonciers dans la partie la plus densément peuplée de Los Angeles (Riggs et Chamberlain 2018).

Long de près de vingt-cinq kilomètres, Wilshire Boulevard s'étend d'est en ouest entre trois villes (Los Angeles, Beverly Hills et Santa Monica) et traverse dix-huit quartiers (dont Downtown Los Angeles, Koreatown, Hancock Park et Westwood), avant d'atteindre l'océan Atlantique (Figure 1). Il représente une sorte de colonne vertébrale de cette métropole, alternant des quartiers d'affaire où se concentrent les plus hauts gratte-ciel de bureaux, des zones de théâtres et de musées, des zones de parcs, de belles villas, et aboutit finalement à Santa Monica Beach. La Purple Line, ou ligne D du métro, existe déjà dans les quartiers plus pauvres de l'est mais, durant des décennies, les localités plus riches de l'ouest ont refusé l'extension de cette infrastructure. Olivia Harris (2017) note qu'un changement du discours public a eu lieu récemment. Les groupes locaux de défense des quartiers les plus aisés, qui souffrent aussi des restrictions d'eau et d'énergie, sont devenus moins opposés à l'idée d'être desservis par le transport public, qui est historiquement associé à une fréquentation de personnes sans voiture, donc pauvres. Ils se sont progressivement approprié les notions de *Smart Growth* et de *Transit Oriented Development* (Knaap *et al.* 2022). Par conséquent, les acteurs publics et privés ont remis en avant le projet d'extension de la Purple Line vers l'ouest.

L'étude dont on explique le cadre méthodologique a été réalisée par le Now Institute, une structure associant l'Université de Californie à Los Angeles et l'agence Morphosis Architects, qui est pionnière dans l'application de méthodes de design assisté par des outils numériques basées sur les données massives. Au sein du Now Institute, des étudiants de master ont travaillé pendant trois années consécutives (2014, 2015 et 2016). Le projet consacré au Wilshire Boulevard d'analyse a été réalisé au cours de la deuxième année de ce partenariat, sous la direction de deux architectes, et a associé douze étudiants pendant un an.

Le travail a été effectué en plusieurs étapes parmi lesquelles l'acquisition de données géospatiales qui pouvaient servir à fournir des connaissances de base : reconstruire l'histoire du boulevard et de la construction du métro, documenter l'évolution des quartiers vers leur dégradation, etc. La recherche en archives a été complétée par des entretiens avec des spécialistes de l'urbanisation de la métropole et de la coordination de la planification « urbanisme et transport ». Ces entretiens ont permis de recueillir la perception de différents concepteurs sur l'applicabilité, les défis et les risques liés à l'utilisation de données géospatiales dans le cadre de ce processus d'adaptation de futurs quartiers à l'arrivée de l'extension de la ligne D. Les scénarios ont été analysés, discutés et confrontés, et des rapports de synthèse ont été publiés (Mayne *et al.* 2016 a et b).

4. Design et reconnections



1. Carte de localisation du Wilshire Boulevard et de la Purple Line

Construction de la base de données et résultats

Notre processus de conception commence à l'échelle régionale, en considérant l'ensemble de l'aire urbaine et en cherchant à comprendre les grands enjeux de transport, d'habitat et d'environnement du comté de Los Angeles. Il a fallu identifier les trajectoires d'urbanisation, l'évolution récente des réseaux de voirie, trouver des informations concernant la consommation et la production d'énergie et d'eau, localiser l'impact des vagues de chaleur et identifier les objectifs de durabilité définis dans des plans gouvernementaux existants. Cette étape a permis, d'une part, de mesurer l'écart entre la réalité contemporaine de l'agglomération et l'ambition du Los Angeles 100 % durable, et d'autre part, de mesurer l'importance de l'enjeu de la mobilité et de l'énergie pour atteindre cet objectif. En effet, pour ce faire, il faudrait électrifier tous les transports et augmenter fortement la fréquentation des transports en commun, tout en repensant de manière radicale la forme et la localisation des logements et des bureaux. Pour atteindre ce but, une amélioration de 30 % de l'efficacité énergétique des bâtiments pourrait réduire la demande d'énergie du comté de 25 %, tandis que l'installation de panneaux solaires sur tous les toits compatibles du comté augmenterait l'offre d'énergie renouvelable de 25 %. L'habitabilité de quartiers plus mixtes et plus denses a aussi beaucoup à voir avec les cycles de l'eau dans cette région au climat quasi méditerranéen. La transition vers l'aménagement paysager indigène (c'est-à-dire privilégiant des espèces peu consommatrices d'eau plutôt que des pelouses irriguées) dans les zones résidentielles réduirait la consommation d'eau de toute la ville de 20 %. La présence de lieux végétalisés, ombragés et rafraîchis par des fontaines impacterait aussi fortement la santé des habitants : le comté doit ainsi multiplier par 2,5 le nombre de parcs afin de permettre à chaque habitant d'y accéder en 15 minutes à pied environ. Enfin, il est évident que l'efficacité de toutes ces mesures potentielles dépendra d'une répartition et d'une localisation adéquate des équipements urbains. Parmi une centaine de cartes thématiques réalisées pour comprendre dans quelles zones le déséquilibre entre l'offre et la demande était le plus critique pour les indicateurs relatifs à l'eau, à l'énergie et à l'environnement, on a extrait les jeux de données consacrés à l'énergie et aux transports.

Il en ressort que, dans tout le comté, les zones où l'habitat unifamilial est prédominant représentent les zones de densité de peuplement moindre mais consommant le plus d'énergie et d'eau. Ces zones sont donc les plus éloignées des indicateurs de *Green TOD*. Plusieurs zones traversées par le Wilshire Boulevard correspondent à ce type de forme urbaine et méritent donc d'être analysées en détail.

Les étapes suivantes du processus se sont déroulées à l'échelle des nœuds de transport de ce corridor urbain et ont visé à identifier très précisément la morphologie du bâti et de la voirie, les usages du sol dans

les différents quartiers, le trafic et les trajectoires de consommation des ressources. L'hypothèse proposée par le Now Institute était de répondre à l'augmentation prévue de la population de Los Angeles en densifiant moins de 1 % de son territoire sous la forme de TOD, le long du corridor Wilshire, tout en laissant le reste du territoire en l'état. Parmi les vingt nouveaux arrêts de la future ligne Purple Line (extension de l'actuelle ligne D) – qui reliera alors Downtown à la côte de Santa Monica en trente-deux minutes –, cinq zones ont été identifiées comme porteuses d'une valorisation du foncier et leviers de la croissance de logements, de bureaux et de services commerciaux. Des noms de station évocateurs ont été proposés pour les stations : Ocean Edge City à Santa Monica, City in the Park à Century City, Culture Core à Fairfax, The Compact City à Koreatown, et City Stitching Linear Park à Downtown Los Angeles (Figure 1). Les données géospatiales ont permis d'enrichir les couches thématiques et de réaliser des exportations du modèle 3D du logiciel SIG vers le logiciel BIM (notamment pour positionner les normes de hauteur de construction dans chacun des quartiers). Il a fallu tracer sur l'écran des cercles pour couvrir la zone accessible en quinze minutes à pied ou à cinq minutes à vélo à partir de la station et renseigner de manière finement géolocalisée des indicateurs les plus détaillés possible sur une zone d'environ deux kilomètres carrés.

Un premier bloc de données a concerné le cadre et le mode de vie et a intégré, entre autres, la densité de logements et d'habitants, les consommations d'eau et d'énergie moyennes rapportées en litres et en kilowatts, par jour et par habitant, le ratio d'espaces verts et ouverts (jardins, parcs) en hectares par habitant. Un second bloc de données a été consacré aux aspects paysagers et morphologiques de ces quartiers proches du transport collectif. Au total, quatre critères clés (densité, eau, énergie et espace ouvert) ont été utilisés pour évaluer la capacité de chaque scénario à faire en sorte que le système complet atteigne 100 % d'énergie propre, 100 % d'eau d'origine locale, et apporte un verdissement visible dans le quartier.

La dernière étape a consisté à combiner les connaissances acquises et le travail de scénarisation pour proposer des visuels des silhouettes urbaines des quartiers redensifiés associés à la relance du transport public le long de ce boulevard. Imaginé à partir du quartier de Santa Monica Beach, le projet « Ocean Edge City » permet de passer de 7 500 habitants au kilomètre carré à environ 30 000 habitants au kilomètre carré, tout en maintenant des taux d'eau et d'énergie raisonnables (quoique très sobres) et en offrant à peu près dix-neuf mètres carrés d'espaces verts et ouverts par habitant. Le scénario envisagé pour « Century City » est deux fois plus généreux en espaces verts par habitant et permet néanmoins de monter à environ 60 000 habitants par kilomètre carré à partir d'une densité presque dix fois plus faible (pour donner une référence, la densité d'habitants dans le centre haussmannien de Paris est de l'ordre de 40 000 à 45 000 habitants par kilomètre carré). À Fairfax, dans le quartier du Los Angeles County Museum

of Arts, il n'y a à ce jour que 4 000 habitants au kilomètre carré. Doubler ce potentiel démographique dans des conditions supportables en accès aux ressources en eau et en énergie et en offrant dix mètres carrés d'espaces verts ouverts par habitant est envisageable. Par exemple, pour comparer, les Parisiens ne bénéficient que de deux mètres carrés d'espaces verts par habitant, quand les Londoniens en ont près de quarante. Les autres projets de quartier de gare s'approchent donc de formes urbaines plus compactes (cas notamment de la station de métro de Koreatown) ou bien s'adaptent à des contraintes infrastructurelles spécifiques. Ainsi, le quartier de la station Downtown Los Angeles, tout à l'est, est proposé en recouvrement de l'autoroute qui crée une barrière physique entre Downtown et Westlake et s'adjoindrait d'un parc linéaire en forme de trame verte de la largeur de cet équipement, afin de redynamiser cette zone.

Atteindre ces objectifs de sobriété dans l'utilisation des ressources a été réalisé en utilisant des scénarios de conception des bâtiments permettant de positionner des équipements éco-technologiques particuliers : les surfaces de toit disponibles ont été calculées pour vérifier l'hypothèse d'installation de panneaux solaires ou d'éoliennes pour produire de l'énergie propre, pour permettre la collecte des eaux de pluie et également, dans certains cas, pour étendre les surfaces d'espaces verts et ouverts disponibles par habitant. La silhouette des bâtiments a été dessinée numériquement, en combinant cartographie et BIM, pour surmonter les contraintes spatiales (tours et couvertures d'autoroute). Des rues ont été percées au sein d'îlots trop denses pour rendre la structure de la voirie adaptée aux déplacements de proximité non motorisés, des zones de construction dans des « dents creuses » ont été créées. Au total, en prenant en compte tous les enjeux listés dans le tableau ci-dessous, ce corridor pourrait bien accueillir les 1,5 million d'habitants supplémentaires qu'attend le comté de Los Angeles d'ici 2050, tout en offrant 100 % d'eau d'origine locale, 100 % d'énergie propre et une offre accrue d'espaces verts, en ne retouchant que des proportions finalement faibles du bâti existant, à savoir les quartiers les mieux irrigués par le transport collectif. Le travail de *geo-design* a permis de profiler des quartiers aux plans morphologique et paysager distincts en partant de leurs caractéristiques socio-spatiales et sans les rendre totalement méconnaissables. Certains quartiers absorbent une part plus importante de la croissance démographique et se densifient davantage, d'autres se réforment par une baisse drastique de la consommation de ressources. Au total, cette situation a été jugée acceptable car chaque zone présente des spécificités et des potentiels spatiaux qui contribuent différemment à l'atteinte des objectifs de *Green TOD*.

4. Design et reconnexions

Composants	Étape du processus de conception	Données géospatiales intégrées au protocole	Objectifs associés à l'usage de ces données
Énergie	Analyse	Réseaux : lignes de transport, centrales électriques, etc. Données d'émissions et de consommations : potentiel solaire et éolien, nombre d'abonnements et consommation d'électricité. Données spatiotemporelles : temps de trajet, zones de desserte, scores de marchabilité des réseaux de voirie.	Mieux comprendre le contexte et dimensionner les objectifs de durabilité en travaillant à la fois sur l'efficacité énergétique des bâtiments et sur l'énergie liée au transport. Identifier les possibilités de synergies pour répondre aux caractéristiques de l'offre et de la demande d'habitat, de mobilité, de services.
	Synthèse	Critères – Rayon de 800 mètres à partir des stations. – Usage du sol et typologies constructives. – Règlements d'urbanisme : enveloppe de hauteurs constructibles des bâtiments, législation sur le patrimoine bâti, les zones naturelles, les zones de moindre bruit aux abords des écoles et hôpitaux.	Définition de la zone d'étude, du potentiel maximal de densification, des terrains non densifiables. Création de scénarios de régénération des friches dans lesquels la densité de population peut être atteinte. Typologies de construction et de valorisation des espaces ouverts pour générer de l'énergie verte.
	Évaluation	Modèle d'équipements et de bâtiments en 2D et 3D. Potentiel de densification démographique et de consommation d'énergie et d'eau.	Évaluer si la proposition de conception peut atteindre l'objectif de 100 % d'énergie propre.
Eau	Analyse	Informations sur les potentiels hydrographiques et de précipitations, les réseaux d'eau, les relevés de consommation par quartier et par secteur d'activité.	Construction du cadre de l'analyse des réseaux existants et des conditions de dimensionnement des infrastructures à créer pour atteindre les objectifs de prélèvement et de distribution, en prenant en compte les modes de vie d'un bout à l'autre du corridor de transport, depuis les villas avec piscines de Beverly Hills, jusqu'aux quartiers de type asiatique (Koreatown) et au ghetto central.
	Synthèse	Données rapportées à des cercles d'accessibilité à partir des gares, en vue de calculer des ratios de captation des ressources et des niveaux de consommations cibles.	Définition d'enveloppes bâties aux abords des gares dans lesquelles le niveau de redensification est compatible avec un objectif de consommation d'eau raisonnable.
	Évaluation	Manipulation de plusieurs types de construction pour combiner les cibles de densification, d'équipement de captage et d'adduction d'eau.	Évaluer si la forme urbaine proposée peut ou non atteindre l'objectif de 100 % d'eau provenant de ressources locales.

Des quartiers de gare plus verts, plus denses ?

Espaces verts	Analyse	Identification des zones de parcs et de friches existantes. : surface, localisation, espèces et couverture (ombrage potentiel), habitat naturel d'espèces protégées, statut réglementaire de protection, impact du changement climatique sur le devenir de ce type d'espaces verts, activités (lieu de baignade, espaces de sport et de jeux), capacité d'accueil.	Construction du cadre d'analyse, mesure du défi relatif à la distance entre l'existant et les objectifs de <i>Green TOD</i> .
	Synthèse	Détermination plus fine de ces mêmes indicateurs au sein du disque de 800 mètres à partir des stations, et analyse de la répartition de l'offre d'espaces verts sur les trajets entre pôles de logements et stations.	Construction de scénarios permettant de rendre compatibles les objectifs de densification et l'augmentation du ratio de mètres carrés d'espaces verts par habitant.
	Évaluation	Travail en représentations 2D et 3D des espaces ouverts et des trames vertes et bleues.	Évaluation de l'augmentation de l'accès des citoyens aux espaces verts en termes : <ul style="list-style-type: none"> - de distance temps, - de plus forte qualité environnementale et paysagère des espaces, - de bénéfices écosystémiques (qualité de l'air, de l'eau), - de santé physique et mentale des populations, - d'attractivité résidentielle et touristique.

C'est par la qualité d'un travail de rassemblement et de structuration des sources et données documentaires (publications et archives) et par la technicité de la manipulation d'outils numériques de géolocalisation, de statistique (sur les consommations par habitant et par hectare) et de modélisation la plus fine possible que les professionnels de l'architecture et de l'urbanisme peuvent progresser dans le champ de la coordination « urbanisme et transport », domaine qui, aux États-Unis, est plus particulièrement désigné comme le *Transit Oriented Development* (TOD).

Le *Green TOD* correspond à un virage important dans ce champ mixte de recherche et de pratique, car il croise des enjeux d'accessibilité aux équipements de transport public, de valorisation de la ressource foncière et de densification de l'urbanisation, avec des objectifs environnementaux comme l'accessibilité aux espaces verts et la sobriété dans la consommation des ressources. Les quartiers dits « *Green TOD* » qui sont actuellement en train de voir le jour au cœur des métropoles américaines intègrent des

styles et des formes d'urbanisme qui se rattachent moins à l'urbanisme automobile qui les a si longtemps façonnées et qui approprient des modèles de métropoles asiatiques (en produisant de la densité par la construction de tours), tout en s'inspirant de valeurs européennes (en convoquant l'idée d'espace public et en favorisant la présence humaine dans les rues, avec des équipements et des aménités : espaces verts, jeux d'enfants, lieux partagés). Le *Green TOD* est également sensible à la place du transport public lourd (le *mass transit*) pour créer des formes de centralité, lorsqu'il se conjugue avec une offre d'intermodalité : non seulement avec la voiture (parkings) mais avec des services mobilitaires (*Mobility as a service – Maas*) de microtransit comme des flottes de vélos ou de véhicules individuels électrifiés en libre-service.

Le *data-oriented geo-design* permet donc de caractériser les problèmes liés à la disjonction entre la demande et l'offre à différentes échelles, et de produire puis sélectionner différents scénarios pour répondre aux particularités du site comme du projet, à différentes échelles.

Cette étude de cas pose la question de son transfert et de sa généralisation. Ce sujet soulève tout d'abord la question cruciale de la disponibilité des données (en général, celle-ci est croissante) mais aussi du contrôle des conditions de leur manipulation. Dans les premières étapes du processus, nous avons choisi de réaliser un grand nombre de cartes afin de mieux comprendre comment les défis de la durabilité se spatialisent à Los Angeles et comment ils s'articulent tout particulièrement avec la réticularité de l'infrastructure ferroviaire. Par la suite, on reconnaît qu'une grande partie de ces cartes n'ont pas été prises en compte lors de la phase finale de conception à l'échelle micro. Ce projet est donc à la fois révolutionnaire, au sens où il a le courage de redessiner et de transformer radicalement des zones spécifiques de la métropole, et presque invisible et insensible, au sens où il ne changera pas la vie socialement et sanitaires très inégale de la plus grande majorité des habitants de cette métropole très étalée, structurée autour d'un système qui gaspille dangereusement des ressources naturelles toujours plus rares.

Au-delà de sa reproductibilité, l'apport méthodologique de cette étude est double. D'une part, on insiste sur l'importance de rassembler des quantités énormes de données, de préférence ouvertes. À ce sujet, l'apport des étudiants est important parce que cette recherche documentaire ainsi que la manipulation informatique sont des tâches chronophages. Certains cabinets de consultants voudraient s'en alléger pour gagner du temps, ce qui est une erreur : cela conduirait à rater l'étape de construction soignée de la question de départ, et rendrait plus difficile la tâche de mesurer véritablement le défi d'une urbanisation durable à Los Angeles. D'autre part, on souligne que les enjeux de durabilité doivent aussi être associés à des réalités géospatiales pour informer l'analyse du contexte, façonner

la morphologie de l'aménagement urbain et évaluer la performance de chaque scénario de quartier proche d'un lieu de transport collectif. Enfin, nous sommes conscients que cette étude qui navigue de l'échelle régionale (l'échelle kilométrique) à l'échelle locale (l'échelle hectométrique) ne va pas jusqu'à la réalisation de propositions à l'échelle du bâtiment et des espaces environnants de la station de métro (l'échelle de proximité, ou décamétrique), ce qui laisse un espace de recherche pour de futures investigations permettant de faire intervenir plus facilement des communautés d'habitants et d'usagers potentiels de ces quartiers, dans une optique d'aménagement participatif.