

	<b>Présentation du rapport au Bureau du 26 septembre 2019</b>	<i>Rapport</i>
	Direction générale Mobilité  <b>Direction de la DG Mobilité</b>	<b>N° 35103</b>

### Étude exploratoire sur la réalisation d'un métro à Bordeaux

**Résumé:** Afin de répondre aux interrogations légitimes sur la pertinence d'un projet de métro pour la métropole bordelaise, une étude exploratoire a été réalisée lors du premier semestre 2019. Les principaux résultats montrent qu'un métro est techniquement possible et devrait présenter un bilan socio-économique nettement positif si la ligne est choisie avec pertinence, en reliant les plus importants générateurs de déplacements de la Métropole (Arena, gare Saint-Jean, Victoire, quartier Mériadeck, parc des expositions...). Toutefois, le financement d'une telle infrastructure semble difficilement imaginable au vu des autres engagements financiers incontournables de notre Métropole liés à la politique de mobilités. Enfin, l'impact travaux de la réalisation d'un métro n'est pas à négliger.

---

Documents annexes : Mémoire de thèse

---

Abandonnée il y a 25 ans pour la réalisation d'un réseau de tramway qui est désormais le plus étendu de France hors région parisienne, l'idée d'un métro à Bordeaux a ressurgi depuis quelques mois, au gré des débats passionnés sur l'amélioration des conditions de déplacement dans notre métropole, qui se distingue à la fois par ses résultats exceptionnels en termes d'utilisation du réseau de transport en commun et des modes doux, mais aussi par son niveau de congestion routière toujours très élevé.

Dans ce contexte, il a paru pertinent de regrouper, le plus rapidement possible, des premiers éléments d'étude permettant de clarifier le débat.

Une étude exploratoire a donc été réalisée lors du premier semestre 2019. Le présent rapport a pour objectif d'en présenter les principaux résultats.

## **Contexte de l'étude et méthode de travail**

L'objectif de cette étude exploratoire n'était pas de réaliser une étude complète, préalable à une prise de décision des élus sur le lancement d'un projet de métro ou encore à l'ouverture d'une concertation réglementaire. Il s'agissait de réunir, dans un délai court, de la manière la plus rigoureuse possible, un maximum d'éléments afin d'évaluer la pertinence ou non d'engager une phase d'analyse plus approfondie.

Il a donc été choisi de faire appel à une mission professionnelle organisée par l'Ecole nationale des ponts et chaussées (l'ENPC) dans le cadre de son master d'action publique.

Le candidat retenu, M. Julien Pelletange est ingénieur diplômé depuis 2009 de l'Ecole nationale des travaux publics de l'Etat. Il a effectué depuis plusieurs postes dans le domaine de l'aménagement du territoire, que ce soit au sein de l'Etat ou du Département de la Gironde. Titulaire du concours interne d'ingénieur des Ponts et Chaussées (équivalent à ingénieur en chef dans la fonction publique territoriale, soit un grade donnant normalement accès à des fonctions de directeur), il a donc rejoint l'ENPC pour une formation de niveau exécutif, formation dont la présente mission professionnelle est l'aboutissement.

Pour sa mission, il a mené plus d'une trentaine d'entretiens, dont près de la moitié avec des spécialistes nationaux des systèmes de métro. Il a recueilli des données sur plusieurs réseaux français de métro existants (Toulouse, Rennes, Lyon...) ou en chantier (Grand Paris Express). Il a ensuite pu réaliser des modélisations grâce au modèle métropolitain multimodal de déplacements, suivant la même méthode que celle que nous aurions utilisée pour un nouveau projet de tramway.

La démarche menée est ainsi très semblable à ce que nous aurions pu attendre d'un bureau d'études spécialisé dans le domaine des transports ferroviaires. Au final, et même si, comme pour toute étude, une marge d'erreur est bien évidemment à prendre en compte, les ordres de grandeur sont significatifs et permettent de tirer plusieurs enseignements importants.

## **Principaux résultats et enseignements**

### *La réalisation d'un métro à Bordeaux est techniquement possible*

Comme le montre le rapport, ce point n'a en réalité jamais été mis en question, malgré l'idée persistante selon laquelle le sol à Bordeaux rendrait le passage d'un métro impossible.

En 1994, le projet de réalisation de métro a été arrêté, non pas pour des raisons techniques, mais parce que les conditions du contrat de concession, jugé par une majorité d'élus trop coûteuses et trop favorables au futur gestionnaire, ont été refusées par le Conseil communautaire. Il est aussi vrai qu'à l'époque, le réseau ne concernait quasi exclusivement que la ville de Bordeaux et que les perspectives d'extension étaient lointaines au regard des coûts engagés.

Certes, les conditions géotechniques sur notre territoire ne sont pas les plus simples pour un tel projet.

Mais, aujourd'hui, les progrès de la technique sont tels que tous les experts interrogés sont unanimes sur la faisabilité d'un métro à Bordeaux, sous réserve de la mise en place d'une démarche rigoureuse permettant de limiter au maximum (mais jamais d'éliminer totalement) les risques.

*Le potentiel d'une ligne de métro sur le territoire de Bordeaux Métropole est très fortement dépendant du choix du tracé.*

Ce n'est guère une surprise, l'étude met en évidence les très fortes variations de potentiel attendues suivant les tracés choisis.

En toute logique, le potentiel maximal serait atteint pour une ligne desservant, tout au long de son tracé, des générateurs de déplacements importants (la gare Saint-Jean, le quartier Mériadeck, la Cité administrative, le Parc des expositions, mais aussi l'Arena, le stade Matmut Atlantique), avec deux P+R permettant de capter les flux venant de l'extra-rocade au niveau d'Auchan Bouliac et de Bordeaux Nord. Cette ligne ferait 14 km pour 10 stations, soit une interstation d'environ 1,4 km.

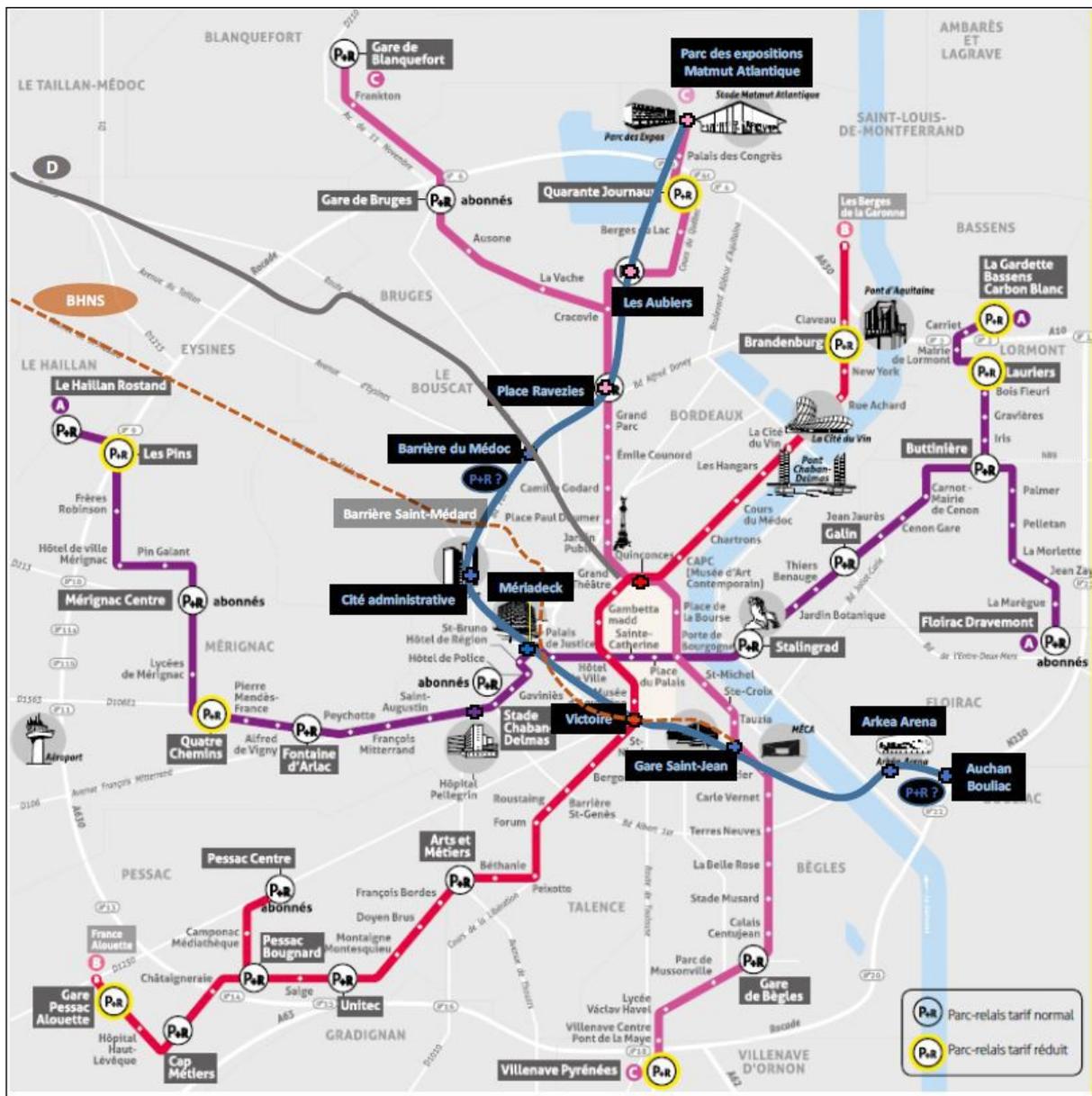
Le modèle évalue la fréquentation de cette ligne à 115 000 voyageurs/jour, ce qui représente selon toute vraisemblance une valeur plancher (l'attractivité du mode métro, probablement supérieure à celle du tramway, n'est prise en compte dans le modèle qu'indirectement via la fréquence et la vitesse commerciale). Il faut cependant noter qu'une telle fréquentation resterait relativement basse pour un métro.

Le nombre de nouveaux voyageurs sur le réseau de transports en commun serait lui aussi relativement restreint, avec une valeur de 30 000 voyages/jour supplémentaires. Un peu moins de 20 000 de ces voyages seraient gagnés sur la voiture, le reste étant des voyages induits (déplacements non réalisés avant la mise en service du métro et générés par ce dernier).

Le plus gros de la fréquentation du métro viendrait donc d'usagers des transports en commun se reportant du tramway ou du bus vers un mode plus qualitatif. Le réseau de tramway serait ainsi allégé en cœur d'agglomération, mais verrait en contrepartie sa fréquentation augmenter pour des usages de rabattement vers le métro.

La conjonction de deux lignes, la précédente et une autre ligne Nord-Sud reliant d'autres générateurs forts de déplacements (Campus, CHU, Mériadeck, Quinconces, Cenon gare) ferait jouer un effet réseau et permettrait d'améliorer encore la fréquentation, avec un total de 225 000 voyageurs/jour. Dans ce schéma, presque 30 000 voyages/jour en voiture seraient reportés sur les transports en commun. L'effet report du tramway vers le métro serait accentué, avec notamment une baisse de la fréquentation du tramway quasi généralisée.

La réalisation de la ligne Nord-Sud seule, ou de cette ligne Nord-Sud avec une ligne « boulevards rive gauche » sous forme de métro, serait significativement moins performante. Quant au potentiel de la réalisation d'une ligne pont à pont en mode métro, il paraît très limité avec des résultats de fréquentation très faibles.



*Le tracé de la ligne à plus fort potentiel, entre Auchan Bouliac et le stade Matmut.*

*Le bilan socio-économique de la réalisation d'une ligne de métro devrait être nettement positif*

Une modélisation socio-économique sommaire laisse à penser que le bilan socio-économique de la ligne la plus attractive devrait être nettement positif, avec une Valeur actualisée nette (VAN) estimée à +900 M€, soit un très bon TRI (Taux de rentabilité interne) de 6,6%. Ce résultat s'explique en très grande partie par des gains de temps agrégés très élevés, que ce soit pour les anciens ou les nouveaux usagers.

Les tests de sensibilité réalisés démontrent en outre que cette VAN bénéficie d'une marge confortable. Par exemple, même en considérant une hausse des coûts d'investissement de 20% par rapport à la valeur de référence, la VAN resterait de l'ordre de +570M€.

Pour un réseau plus ambitieux regroupant les 2 lignes les plus efficaces, le bilan socio-économique est plus incertain. En effet, la VAN est évaluée à +50M€. La sensibilité du résultat à une dégradation des données d'entrée (non évaluée lors de la mission) doit certainement être plus importante.

*Le financement d'un projet de métro est peu compatible avec les contraintes financières de Bordeaux Métropole*

Malgré ces bons résultats socio-économiques, le financement de la réalisation d'une ligne de métro

semble particulièrement complexe. En effet, avec un coût approximatif de 1,4 milliards d'euros, un tel investissement représenterait l'équivalent de plus de 9 années complètes du budget d'investissement actuel de Bordeaux Métropole dans les transports en commun, une majeure partie de ce budget étant à concentrer sur une courte période au moment des travaux (~5 ans).

Or, dans le même temps, les engagements financiers de Bordeaux Métropole pour le renouvellement du réseau de tramway actuel, aujourd'hui très faibles, seront eux aussi significatifs. Ces investissements sont incontournables si nous voulons garder un tramway en bon état de fonctionnement.

Au regard des budgets qu'il faudrait mobiliser, il ne semble guère imaginable de pouvoir tout à la fois maintenir le réseau de tramway et de bus actuel en l'état, de développer de nouvelles lignes, d'investir dans les autres projets de mobilité sur lesquels notre Métropole s'est engagée (RER métropolitain notamment), et de financer un métro.

#### *L'impact de la phase chantier de la réalisation d'un métro n'est pas à négliger*

La construction d'un métro est une opération extrêmement lourde. Le mode de réalisation des travaux le plus probable étant en tranchée ouverte au niveau des stations, l'impact sur la vie quotidienne dans les zones concernées sera très élevé pendant toute la phase chantier. Les conséquences sur la circulation devraient en particulier être très importantes, plusieurs points nœuds étant touchés simultanément.

**École des Ponts ParisTech**

et

**Bordeaux Métropole**

## **Un métro au pays du tramway ?**

**Etude exploratoire portant sur la mise en place d'un réseau de métro  
sur le territoire de Bordeaux Métropole**

*Mémoire de thèse professionnelle*

*pour le Mastère spécialisé politiques et actions publiques  
pour le développement durable*

**Julien Pelletange**

*Année universitaire 2018/2019*

Encadré par :

**Monsieur Nicolas Fontaine**, directeur général en charge des mobilités  
de Bordeaux Métropole

**Monsieur Séghir Zerguini**, maître de conférences en sciences économiques  
à l'Université de Bordeaux IV



L'Ecole des Ponts ParisTech et Bordeaux Métropole n'entendent donner aucune approbation ni improbation aux thèses et opinions émises dans ce rapport ; celles-ci doivent être considérées comme propres à leur auteur.

\* \* \*

J'atteste que ce mémoire est le résultat de mon travail personnel, qu'il cite entre guillemets et référence toutes les sources utilisées et qu'il ne contient pas de passages ayant déjà été utilisés intégralement dans un travail similaire.

Julien Pelletange



## REMERCIEMENTS

---

En préambule à mon rapport, je souhaite adresser mes remerciements à toutes les personnes qui ont rendu ce projet possible et permis son bon déroulement.

Je remercie Nicolas Fontaine, directeur général en charge des mobilités de Bordeaux Métropole, pour m'avoir donné l'opportunité de m'investir sur cette étude et pour la confiance qu'il m'a accordée tout au long de son déroulement.

Je remercie tout aussi vivement Seghir Zerguini, maître de conférences en sciences économiques à l'Université de Bordeaux IV, d'avoir accepté d'être mon encadrant académique ainsi pour son accompagnement, son soutien et ses conseils avisés.

J'exprime également ma reconnaissance aux nombreuses personnes qui ont accepté de m'accorder de leur temps et de partager leurs connaissances ou expériences en matière de métro, dans les domaines de la géotechnique, du pilotage de chantier, de la construction, de l'exploitation ou encore de la modélisation de trafic. Leur partage m'a permis de nourrir mes réflexions et d'étayer mes travaux. J'en retiens leur engagement et leur fierté d'agir au service de la mobilité du quotidien des Français.

J'adresse un grand merci à Sandrine Grillet, chargée de modélisation au sein de la direction générale en charge des mobilités de Bordeaux Métropole, pour son implication, sa disponibilité et son aide dans mes travaux.

Je remercie également pour leur accueil et leur bonne humeur l'équipe du BHNS Elodie, Emilie et Virginie, dont j'ai partagé le bureau pendant la mission.

Je remercie enfin l'école des Ponts ParisTech de m'avoir donné l'opportunité de réaliser ce projet et par cette occasion de me confronter à certaines des problématiques de développement territorial d'une grande métropole française.



## RESUME

---

La métropole bordelaise est aujourd'hui très attractive et a une forte ambition démographique avec en ligne de mire le million d'habitants d'ici 2030. Pour répondre à cet objectif, quelles solutions de mobilité mettre en œuvre dans une métropole dont la politique en faveur des déplacements peine à résoudre la congestion automobile et les faiblesses de son réseau de transports en commun, malgré de nombreux efforts faits.

Un métro serait-il une alternative pertinente, durable, techniquement faisable et économiquement viable ? C'est à ces différentes questions que nous avons tenté d'apporter des éléments de réponse argumentés, attendus par Bordeaux Métropole alors que la passion suscitée par ce projet dans le débat public ne faiblit pas.

Pour y parvenir, nous avons notamment élaboré plusieurs scénarios de tracés de lignes, que nous avons ensuite modélisés dans l'outil de projection des déplacements de Bordeaux Métropole et dont les résultats nous ont été utiles pour réaliser une ébauche de bilan socio-économique. Compte-tenu de la pertinence de certains de ces scénarios, sous réserve de leur approfondissement, c'est la question du financement d'un projet de ce type qui pourrait *in fine* être décisive.

## ABSTRACT

---

Bordeaux Métropole is today very attractive and has a strong demographic ambition with a target of one million inhabitants by 2030. To meet this objective, what mobility solutions could be implemented in a metropolis whose policy is experiencing difficulty to resolve automobile congestion and the weaknesses of its public transport network, despite many efforts.

Would a metro be a relevant, sustainable, technically feasible and economically viable solution ? We have tried to provide some well-argued answers to these different questions, expected by Bordeaux Métropole, while the passion generated by this project in the public debate is not weakening.

We have especially developed several scenarios of line plots, which we then modeled in the Bordeaux Métropole displacement projection tool. Finally, we used its results to make a socio-economic assessment. Given the relevance of some of these scenarios that will merit further investigation, it is the question of financing such a project that could ultimately be decisive.



## TABLE DES SIGLES

---

A'urba : agence d'urbanisme de l'agglomération bordelaise

BHNS : bus à haut niveau de service

BM : Bordeaux Métropole

CEREMA : Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement

CETU : Centre d'Études des Tunnels

CGDD : Conseil Général au Développement Durable

CGSP : Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective

CUB : Communauté Urbaine de Bordeaux

HPM : heures de pointe du matin

HPS : heures de pointe du soir

HC : heures creuses

HT : hors taxes

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

MR : matériel roulant

PIB : produit intérieur brut

TC : transports en commun

TRI : taux de rentabilité interne

VAN : valeur actualisée nette

VAN-SE : valeur actualisée nette socio-économique

VL : véhicule léger

VP : véhicule particulier

VVS : valeur de la vie statistique



## SOMMAIRE

---

<b>Remerciements</b> .....	<b>5</b>
<b>Résumé</b> .....	<b>7</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Table des sigles</b> .....	<b>9</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>11</b>
<b>I. Introduction</b> .....	<b>13</b>
<b>II. « Un métro à Bordeaux ? Je dis pourquoi pas » : la fin d’un tabou</b> .....	<b>18</b>
<b>A. Bordeaux Métropole aujourd’hui : dynamique démographique et enjeux de mobilité</b> <b>18</b>	
<b>B. Bordeaux Métropole en 2030 : une métropole millionnaire</b> .....	<b>24</b>
<b>C. Quels atouts et faiblesses génériques du métro comme solution technique pour répondre aux besoins de mobilité ?</b> .....	<b>27</b>
<b>III. Considérations sur la faisabilité technique d’un métro à Bordeaux Métropole</b> ..	<b>29</b>
<b>A. Le projet historique de métro : 1986 - 1994</b> .....	<b>29</b>
1. Un bref historique du projet .....	29
2. Les caractéristiques du projet.....	31
3. Les raisons de l’abandon du projet .....	34
<b>B. Les techniques actuelles de métro</b> .....	<b>36</b>
1. Enseignements généraux tirés des échanges avec d’autres collectivités françaises dotées d’un métro : Lille, Lyon, Toulouse et Rennes .....	36
2. Géotechnique – géologie.....	38
2.1 Projets et études portant sur la connaissance du sous-sol bordelais .....	38
2.2 Aléas des chantiers.....	42
2.3 Progrès et pistes de solutions pour réduire les risques.....	42
3. Les caractéristiques du matériel roulant.....	47
3.1 Les atouts du matériel roulant.....	48
3.2 Coûts d’exploitation et durée de vie .....	48
<b>IV. Quels tracés de lignes pour un métro à Bordeaux Métropole ?</b> .....	<b>51</b>
<b>A. Méthode retenue pour définir des tracés</b> .....	<b>51</b>
<b>B. Identification de 4 corridors</b> .....	<b>53</b>
<b>C. Détermination de 4 tracés de lignes</b> .....	<b>57</b>
<b>D. Elaboration des scénarios qui en découlent</b> .....	<b>66</b>
<b>V. Modélisation des scénarios</b> .....	<b>68</b>
<b>A. Présentation du modèle de Bordeaux Métropole</b> .....	<b>68</b>
1. Les principes de la modélisation .....	69
2. Les sources utilisées pour la modélisation .....	69
3. Hypothèses intrinsèques du modèle .....	70
<b>B. Définition d’hypothèses pour modéliser nos scénarios</b> .....	<b>70</b>
<b>C. Regard critique sur le modèle et certaines des hypothèses</b> .....	<b>72</b>
<b>D. Résultats de la modélisation pour les 5 scénarios</b> .....	<b>73</b>
<b>VI. Ebauche de bilan socio-économique</b> .....	<b>76</b>
<b>A. Méthodologie générale et hypothèses retenues</b> .....	<b>76</b>
1. Hypothèses générales.....	76
2. Hypothèses macro-économiques.....	77
3. Hypothèses pour les investissements .....	77
4. Hypothèses sur la demande.....	78

B.	Présentation du bilan par acteur .....	78
C.	Résultats des études socio-économiques par scenario .....	81
D.	Analyse des résultats .....	81
E.	Tests de sensibilité .....	82
VII.	Gestion prévisionnelle de projet : planning, financement et points de vigilance .	85
A.	Planning .....	85
B.	Financement .....	86
C.	Points d'attention pour la mise en œuvre d'un projet de métro.....	88
VIII.	Synthèse conclusive .....	91
	Bibliographie .....	93
	Annexes .....	96
	Annexe 1 : lettre de commande.....	97
	Annexe 2 : organigramme de Bordeaux Métropole.....	100
	Annexe 3 : planning de la mission .....	101
	Annexe 4 : documents complémentaires relatifs à l'étude initiale de métro (1986-1994) ...	102
	Annexe 5 : extraits du fichier de calcul relatif aux bilans socio-économiques .....	107
	Annexe 6 : lecture critique de l'étude « Métro de Bordeaux » .....	108
	Annexe 7 : revue de presse des articles relatifs à la présente étude .....	110

## I. INTRODUCTION

---

### A. Cadre de la mission et de la commande

*Le contexte politique bordelais et les enjeux de mobilité de la métropole...*

La métropole bordelaise est aujourd'hui très attractive, et très ambitieuse, avec en ligne de mire le million d'habitants d'ici 2030. Qu'est-ce que cette « ambition millionnaire déstabilisante »<sup>1</sup> signifie-t-elle pour l'offre de mobilité métropolitaine ? Quelles solutions avancer face aux tensions constatées de longue date, aussi bien pour les déplacements automobiles (Bordeaux est sur le podium des villes françaises congestionnées) qu'en transports en commun avec un tramway victime de son succès et une vitesse commerciale du réseau de transports en commun relativement faible malgré les efforts engagés<sup>2</sup>.

A un an des prochaines élections municipales, alors que le précédent maire Alain Juppé avait enterré le projet de métro initié par son prédécesseur et promu le tramway en vitrine de sa ville dès 1995, comment le nouvel exécutif va-t-il se positionner sur la politique de mobilité et quelles propositions peut-il faire pour répondre aux attentes de ses concitoyens, la mobilité étant au cœur de leurs préoccupations ?

*La problématique*

Un document fouillé produit par un habitant, qui a constitué sur cette base une association « Un Métro à Bordeaux »<sup>3</sup>, a contribué à remettre au centre du débat public la question de la création d'un métro. Cette solution est-elle crédible ? Dans la ville où le tramway est roi, elle qui lui doit en grande partie son « réveil » avec le succès que l'on lui connaît, le métro ne reste-t-il pas un mot tabou ? Le réseau de tramway qui atteindra prochainement près de 80 km n'est-il pas suffisant et positionné sur les corridors les plus générateurs de déplacements ? Le sous-sol bordelais n'est-il pas inadapté au creusement d'un tunnel ? Le coût d'investissement en cette période de contraintes sur les moyens n'est-il pas non plus rédhibitoire ?

---

<sup>1</sup> Rapport du Grenelle des mobilités de la métropole bordelaise, Pour une mobilité fluide, raisonnée et régulée, mars 2013, page 56.

<sup>2</sup> Ibid., page 71.

<sup>3</sup> Métro de Bordeaux, étude réalisée par Mickaël Baubonne, docteur en droit de l'Université de Bordeaux, 1<sup>er</sup> mars 2018.

## *La commande*

Autant de sujets sur lesquels Bordeaux Métropole souhaite disposer de données objectives lui permettant d'avoir une idée plus précise de la pertinence de la relance d'un projet de métro. La commande inclut plus précisément un bilan des études réalisées dans les années 80-90, un point sur les techniques actuelles de métro, la définition d'un réseau-cible ainsi que l'étude de ses caractéristiques dont un bilan socio-économique des lignes proposées.

## **B. Méthodologie**

Pour répondre à la commande, dont une des particularités était la variété des champs à mobiliser (triple diagnostic : sur la mobilité et le territoire, technique sur les systèmes de métro, et enfin socio-économique), j'ai pris l'attache d'experts thématiques et organisé mon travail en plusieurs « blocs » :

- d'une part, le volet historique, appréhendé à l'aide d'entretiens avec des agents mobilisés sur le projet de métro initial et un travail aux archives de Bordeaux Métropole.
- d'autre part, pour disposer des éléments de connaissance de la mobilité au sein de la métropole (étude, observation, modélisation...) et de la stratégie métropolitaine pour les 10 prochaines années, j'ai consulté plusieurs référents thématiques de la DG Mobilités et pris connaissance des études et documents de programmation stratégique de la métropole.
- pour le volet portant sur les techniques actuelles de métro, j'ai fait appel aux territoires métropolitains de province dotés d'un métro, ce qui m'a permis de disposer de leurs retours d'expérience et de constituer un parangonnage des systèmes de métro. J'ai souhaité compléter ces témoignages et échanges par des entretiens avec des experts thématiques (géotechnique, matériel roulant, socio-économie) soit en activité dans le réseau scientifique et technique du ministère de l'Ecologie (CETU et CEREMA) soit dans des bureaux d'études ou entreprises du secteur concerné.

En parallèle de lectures<sup>4</sup> visant à m'acculturer rapidement aux enjeux de mobilité urbaine, j'ai également eu l'opportunité de réaliser plusieurs visites de terrain qui m'ont permis de m'initier à la technologie des tunneliers et au monde des chantiers de métro : visite de deux chantiers de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express, celui des Ardoines à Vitry et celui de Noisy-Champs, et le chantier de l'extension de la ligne 12 du métro parisien à la mairie d'Aubervilliers.

---

<sup>4</sup> Dont : BONNEL Patrick, *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains* (PREDIT). La Documentation Française, 2003, Coll. Transports recherche innovation.  
ORFEUIL Jean-Pierre, MASSOT Marie-Hélène, *La mobilité au quotidien, entre choix individuel et production sociale*, Presses Universitaires de France | « Cahiers internationaux de sociologie » 2005/1 n° 118 | pages 81 à 100.  
ORFEUIL Jean-Pierre, *Quand la voiture devient contrainte*, C.E.R.A.S | « Revue Projet », 2013/3 n° 334 | pages 50 à 58.

**Personnes contactées :**

Entités	Personnes contactées et leurs fonctions	Date	Objet de l'entretien	Entités	Personnes contactées et leurs fonctions	Date	Objet de l'entretien		
<b>Bordeaux Métropole (BM) – étude historique</b>									
BM	<b>Thierry Guichard</b> en tant que directeur général des services techniques de la CUB à partir de 1991 puis DGS	12/03	Témoignage d'agents de Bordeaux Métropole mobilisés sur le projet initial de métro entre 1988 et 1994	<i>Lille</i>					
BM	<b>Claire Le Merrer</b> en tant que membre de l'équipe-projet de la CUB en charge du métro à partir de 1988	22/03							
BM	<b>Jean-Philippe Noël</b> en tant que contrôleur de gestion auprès du secrétaire général (DGS) de la CUB, mobilisé sur le projet initial de métro	13/03							
BM	<b>Joëlle Rosinsky</b> Archiviste de la DG Mobilités	06/03							
<b>Bordeaux Métropole (BM) – référents thématiques</b>									
BM	<b>Sandrine Grillet</b> Chargée de modélisation	21/03	Travail de modélisation des scénarios de métro	<i>Rennes</i>					
BM	<b>Pierre Samblat</b> Chef du service observation / modélisation / rocade	22/03 06/06							
BM	<b>Mathieu Karcher</b> Chef du service grands projets de transport	25/03							
BM	<b>Géraldine Di Matteo</b> Directrice adjointe de la direction de la multimodalité - Cheffe du service études, marketing et animation territoriale	14/06	Présentation des documents de stratégie et d'études de Bordeaux Métropole						
BM	<b>Aurélie Hervé</b> Cheffe de projet à la direction tramway / SDOODM / grandes infrastructures	05/03							
<b>Autres collectivités dotées d'un métro</b>									
				<i>Lille</i>					
				Lille Métropole	<b>Yannick Jacob</b> Chef du service à la direction Transports	14/05	<i>Toulouse</i>		
				Tisseo Ingénierie	<b>Denis Bousquet</b> Chef de projet système	16/04			
				Tisseo Ingénierie	<b>Jean-Jacques Laporte</b> Directeur des opérations	16/05			
				Tisseo Collectivités	<b>Vincent Georjon</b> DGA Mobilités et ressources	16/05			
SEMTCAR <sup>5</sup>	<b>Xavier Tirel</b> DG de la SEMTCAR	10/05							
Rennes Métropole	<b>Noël Philippe</b> Conseiller Spécial chargé de la maîtrise d'ouvrage de la ligne B du métro - DGS	15/05	<i>Lyon</i>						
SYTRAL <sup>6</sup>							<b>Jean-Baptiste Badet</b> Chef de projet services métro Dir. équipement et patrimoine	27/03	
							<b>Rodolphe Munier</b> Directeur du Développement	23/04	

<sup>5</sup> SEMTCAR : Société d'Économie Mixte des Transports Collectifs de l'Agglomération Rennaise.<sup>6</sup> Le SYTRAL est le Syndicat Mixte des transports pour le Rhône et l'agglomération lyonnaise.

Experts du RST du MTE5 <sup>7</sup> et de bureaux d'études		Experts opérationnels				
CEREMA	<b>Florence Girault</b> Chargée de projets en transports collectifs et intermodalité au Cerema Territoires et ville	24/05	BM	<b>Maxime Bouyer</b> Ingénieur travaux assainissement - eau potable au Service prospective et travaux Direction de l'eau – DG haute qualité de vie	12/06	Entretien et visite du chantier du tunnel de Brazza
CEREMA	<b>Pierre Nouaille</b> Chargé de projets en socio-économie des transports Département Déplacements durables - Politiques et services de transport	13/06	Suez	<b>Marc Gilfriche</b> Géotechnicien (a travaillé sur de nombreux projets d'assainissements réalisés à Bordeaux)	12/06	Partage d'expérience
CETU	<b>Gilles Hamaidé</b> Expert génie civil au Centre d'études des tunnels	22/05	Herrenknecht	<b>Guy Lechantre</b> Directeur Herrenknecht France	13/06	Entretiens thématiques
Systra Toulouse	<b>Yves Montaron</b> Directeur de Projet AMO Système Toulouse Aérospatiale Express – ligne M3	03/04	Tisseo Collectivités	<b>Alexis Cournet</b> Chef de projets - matériel roulant et systèmes guidés - métro et tramway	16/05	
Systra Gd Paris	<b>Didier Le Roy</b> Urban Signaling Unit Manager	04/04	Tisseo Ingénierie	<b>Jean-Yves de Lamballerie</b> Expert génie civil	22/05	Entretiens thématiques
Systra France	<b>Stéphane de Chalus</b> AMO Système Gd Paris – gestion des interfaces	04/04	Systra France	<b>Vincent Duguay</b> Directeur urbain France	02/04	
Systra France	<b>François Gravier</b> Innovation dans les projets de métro	04/04	Systra Gd Paris ligne 15	<b>Annelise Baudouin</b> Directrice du projet MOE infra ligne 15 tronçon 2	02/04	Entretien et visite de chantier
	<b>Maud Bernard</b> Systra Farman – études amont – données générales	04/04	Systra Site Noisy- Champs	<b>Jean Kada</b> Directeur des travaux et responsable du site de Noisy-Champs Et <b>Pascal Oheix</b> Adjoint du directeur des travaux	02/04	
<b>Contact académique</b>			Systra Paris-Ligne 12	<b>Christophe Blouet</b> Responsable Systra du chantier de prolongement de la ligne 12 – Aubervilliers	03/04	Entretien et visite de chantier
ENPC	<b>Françoise Manderscheid</b> Directrice du Master Spécialisé systèmes de transports ferroviaires et urbains de l'ENPC	18/03				

<sup>7</sup> RST : réseau scientifique et technique du Ministère de la transition écologique et solidaire.

J'ai ensuite pu utiliser ces matériaux pour fonder un argumentaire visant à alimenter la réflexion sur la pertinence et faisabilité d'un métro à Bordeaux, ainsi que pour construire des hypothèses. J'ai par exemple utilisé le parangonnage pour établir certaines hypothèses de l'étude (fourchette de coûts par exemple) et proposer des tracés de lignes que j'ai ensuite soumis à une modélisation dans l'outil de Bordeaux Métropole. Ce dernier repose sur une méthodologie à quatre étapes (génération, distribution, choix modal et affectation des trafics sur les réseaux routier et ferroviaire girondins) telle que décrite par Patrick Bonnel dans son ouvrage sur la Prévission de la demande de transport<sup>8</sup>.

J'ai ensuite utilisé les données obtenues (gains de temps, impact nouveaux usagers du réseau de transports en commun, etc.) pour réaliser une esquisse de bilan socio-économique de ces scénarios de lignes de métro. Pour y parvenir, je me suis appuyé sur des lectures académiques<sup>9</sup> ainsi que sur des documents techniques et / ou de cadrage, et des études ou bilans socio-économiques relatifs à d'autres projets de Bordeaux Métropole.

### **C. Plan de l'étude**

Après avoir dressé le contexte actuel des déplacements dans la métropole bordelaise et ses projections en 2030, nous nous intéresserons à la faisabilité technique d'un projet de métro à Bordeaux Métropole, en nous appuyant d'une part sur les études réalisées à la fin des années 80 et au début des années 90 et sur des travaux plus récents permettant d'en actualiser les enseignements le cas échéant. Nous proposerons ensuite des scénarios de réseaux de métros après les avoir justifiés et caractérisés, avant d'en modéliser les effets sur le réseau de transport de la métropole et de comparer leurs performances socio-économiques.

Nous aborderons enfin différents aspects de gestion prévisionnelle d'un projet de ce type afin d'identifier les points de vigilance à anticiper dès à présent.

---

<sup>8</sup> BONNEL Patrick, *Prévission de la demande de transport*. Economies et finances. Université Lumière – Lyon II, 2002.

<sup>9</sup> QUINET Emile, *Principes d'économie des transports*, Economica, 1998, 419 pages.

## II. « UN METRO A BORDEAUX ? JE DIS POURQUOI PAS » : LA FIN D'UN TABOU

---

Il faut attendre 2018 pour briser le tabou d'un métro à Bordeaux. Après l'enterrement du projet de métro en 1994/1995 et le succès du tramway bordelais qui a fortement contribué à réveiller la « belle endormie » et à lui servir de vitrine en France et au-delà, le sujet du métro reste tabou jusqu'en 2018 et la petite phrase d'Alain Juppé : « Un métro à Bordeaux ? Je dis pourquoi pas »<sup>10</sup>. Fausse piste ou véritable hypothèse à explorer, le sujet revient dans le débat, porté notamment par une association qui ira jusqu'à proposer un réseau de métro décrit dans un rapport remis à Alain Juppé en mars 2018<sup>11</sup>.

Avant d'explorer les conditions de faisabilité et les caractéristiques d'un projet de ce type, nous proposons de revenir sur le contexte actuel de la métropole bordelaise en termes de démographie et de déplacements et sur les projections de la métropole en 2030, horizon autour duquel un métro pourrait voir le jour si une décision favorable était prise rapidement en ce sens.

### **A. Bordeaux Métropole aujourd'hui : dynamique démographique et enjeux de mobilité**

Lorsqu'il est question de métro à Bordeaux, la question de la population et de sa densité revient fréquemment. Lorsque l'on compare Bordeaux avec les autres métropoles françaises dotées d'un métro, il apparaît qu'aujourd'hui, les métropoles toulousaine et bordelaise sont assez proches, avec néanmoins une ville-centre moins peuplée à Bordeaux.

Pour toute nouveau projet, ces éléments devraient être affinés car il est nécessaire d'une part de tenir compte de l'offre existante (en particulier de l'offre en transports en commun « lourde » de type métro, tram ou BHNS le cas échéant) et d'autre part de raisonner par corridor de population (nombre d'habitants, d'emplois, d'étudiants...) qui pourrait bénéficier d'une nouvelle offre.

---

<sup>10</sup>Alain Juppé : « Un métro à Bordeaux ? Je dis pourquoi pas ! », article publié dans le journal Sud Ouest du 18 juillet 2018.

<sup>11</sup> Métro de Bordeaux, étude réalisée par Mickaël Baubonne, docteur en droit de l'université de Bordeaux, 1<sup>er</sup> mars 2018.

Population des principales métropoles françaises dotées d'un métro et de Bordeaux en 1982 et en 2015

Population (en milliers d'habitants)	1982 <sup>12</sup>		2015 <sup>13</sup>		Densité de population (habitants / km <sup>2</sup> )	2015 <sup>14</sup>
	Agglo.	Ville centre	Métropole	Ville centre		Métropole
Lyon	1 220	413	1 371	513	Lyon	2 588
Marseille	1 110	874	1 869	862	Marseille	593
Lille	936	174	1 141	233	Lille	1 762
<b>Bordeaux</b>	<b>640</b>	<b>208</b>	<b>774</b>	<b>243</b>	<b>Bordeaux</b>	<b>1 338</b>
Toulouse	541	348	756	472	Toulouse	1 650
Rennes	234	200	443	215	Rennes	629

NB : 1982 correspond à l'époque où plusieurs métropoles françaises ont commencé à exploiter des lignes de métro ou à réaliser des études en ce sens. En 2015, ces métropoles de province (hors Bordeaux) disposent de lignes de métro et 3 d'entre elles agrandissent leur réseau (phase étude ou travaux).

Bénéficiant d'une forte attractivité, la croissance démographique de la métropole s'élève à 1,5% par an<sup>15</sup>. De nombreux quartiers sont en développement pour accueillir de nouveaux habitants dans la perspective de **faire de la métropole bordelaise une métropole millionnaire d'ici 2030-2035**<sup>16</sup>. Ils sont majoritairement situés en rive droite de la Garonne, dans un arc allant du nord au sud des boulevards, dont fait partie l'opération d'intérêt national Bordeaux-Euratlantique, à cheval entre les deux rives, au sud et à l'est de la gare Saint-Jean.

A contrario, les secteurs concentrant le plus d'emplois sont principalement situés à l'Ouest, où des opérations d'intérêt métropolitain visant à les développer ont été instaurées.

<sup>12</sup> Métro VAL – évaluation du projet et étude d'impact 1<sup>ère</sup> phase : lignes A et B, avril 1991.

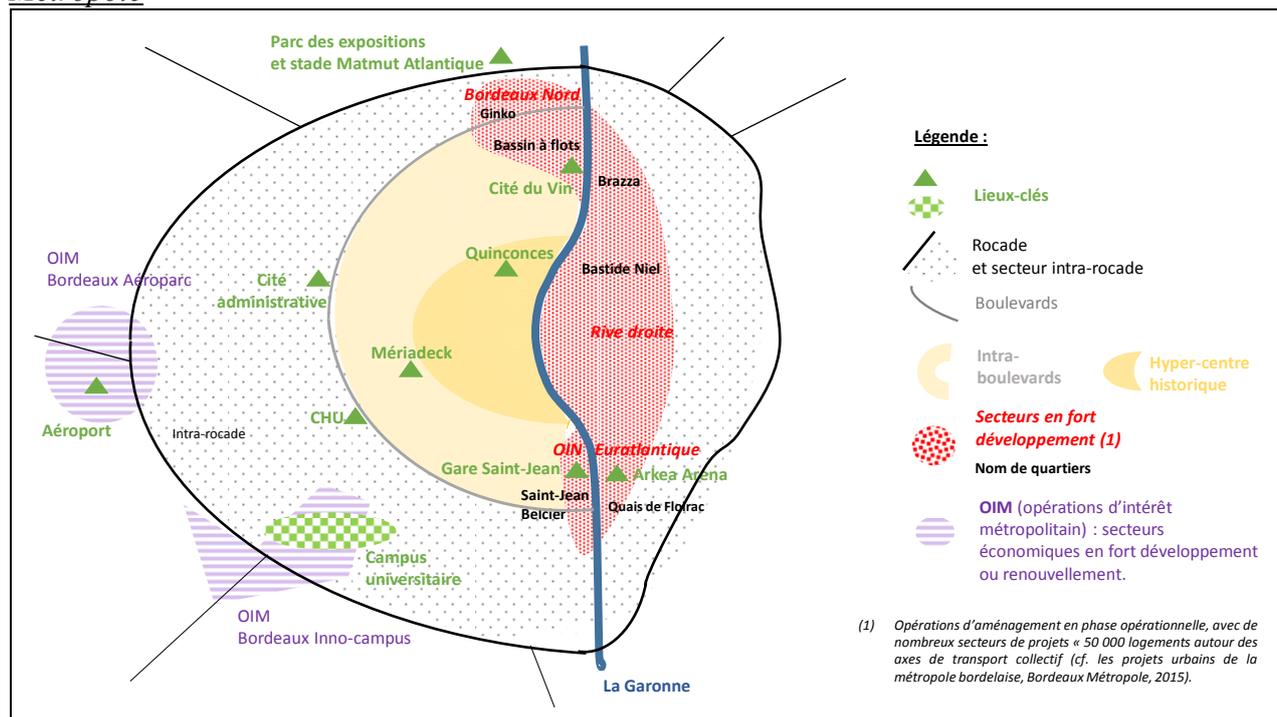
<sup>13</sup> Source INSEE.

<sup>14</sup> Source INSEE.

<sup>15</sup> Source INSEE pour la période 2011 – 2016.

<sup>16</sup> Objectif fixé par le Conseil communautaire et décliné lors de travaux sur le programme local de l'habitat en 2010 par exemple.

## Carte 1 : schéma des principales opérations d'aménagement et de développement de Bordeaux Métropole



Bordeaux Métropole est aujourd'hui dotée d'un réseau de transports en commun dont les lignes de tramway constituent la colonne vertébrale. Ce **réseau en étoile** s'étend sur le territoire métropolitain et les branches des 4 lignes de tramway<sup>17</sup> se rejoignent au centre-ville de Bordeaux. Un BHNS viendra bientôt compléter l'offre existante.

### Le réseau de transports en commun actuel<sup>18</sup>

Le réseau de transport en commun de Bordeaux Métropole (TBM) dessert 28 communes. Il est aujourd'hui principalement composé de 3 lignes de tramway, 78 lignes de bus, 172 stations de vélo en libre-service V3 et 25 parcs relais.

Une 4<sup>ème</sup> ligne de tram sera bientôt mise en circulation et un projet de BNHS est en cours de réalisation.

**Le tramway** parcourt 5 millions de kilomètres par an sur 68 km de lignes et dessert 126 stations.

Il circule de 5h du matin à minuit (voire jusqu'à 1h certains jours) avec une fréquence en journée de 3 à 5 minutes (et de 8 à 15 minutes le reste du temps).

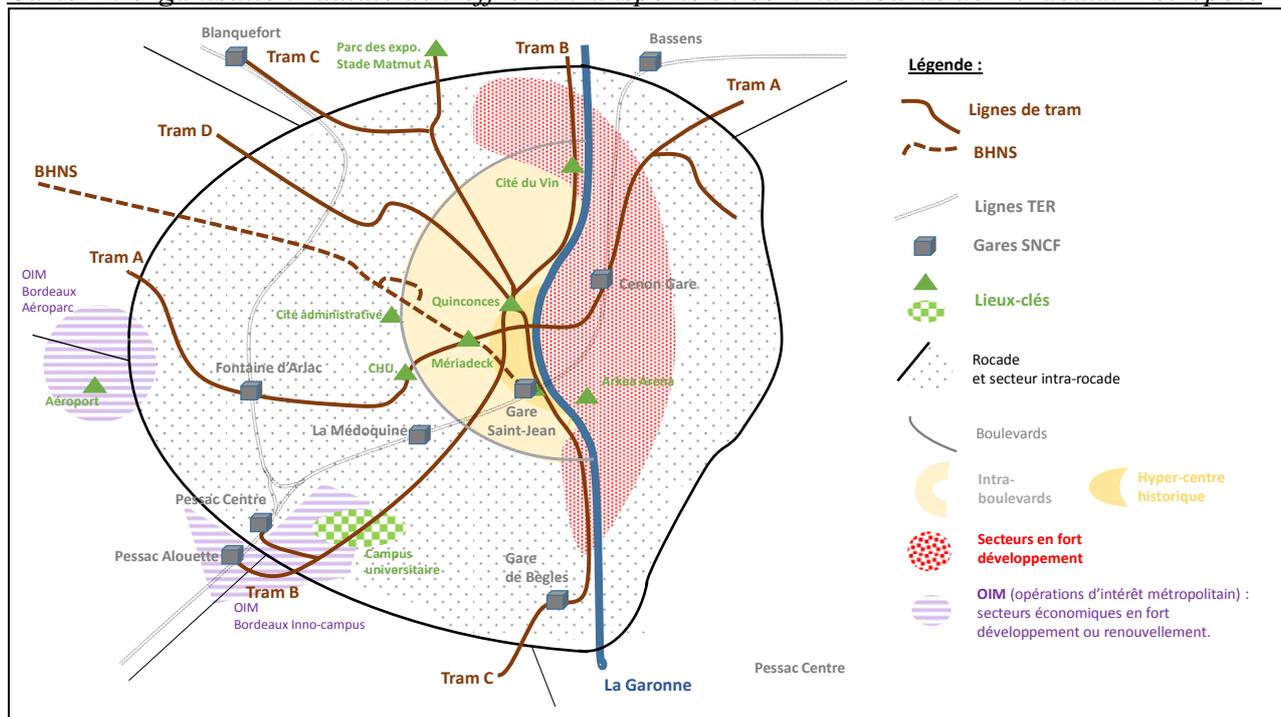
**Le réseau de bus** est constitué de 78 lignes de bus dont 10 Lianes circulant de 5h à 1h du matin et 3 Lianes + circulant de 5h à 1h du matin. Les LIANES sont des Lignes A Niveau Elevé de Service. Elles circulent comme le tramway avec une fréquence de passage garantie (5 à 15 minutes selon les Lianes) de 7h à 20h et en correspondance avec au moins deux lignes de tramway.

Au-delà de l'agglomération, les usagers peuvent circuler grâce aux **réseaux gérés par le Département** (autocars interurbains) **et la Région** (trains et autocars du réseau TER Aquitaine).

<sup>17</sup> La mise en service de la 4<sup>ème</sup> ligne de tramway est prévue en 2019.

<sup>18</sup> Source : Bordeaux Métropole.

Carte 2 : organisation radiale de l'offre en transports en commun lourds de Bordeaux Métropole



Le réseau de transports en commun présente plusieurs « goulots d'étranglement »<sup>19</sup> dus à sa configuration. En effet, « chacune des trois lignes de tramway coupe les 2 autres en des points uniques, générant ainsi des flux en correspondance importants, trop importants pour des sites parfois confinés, [...] ce qui peut aller jusqu'à gêner la circulation des véhicules » car « les passagers en correspondance traversent directement les voies, retardant ainsi le départ ou l'arrivée des véhicules et plus généralement se bousculent sur des quais qui ne sont pas dimensionnés à cet usage. Pour ces raisons, il faut en fait chercher à limiter le taux de correspondance « inter-tramways ».

Par ailleurs, « si le centre-ville de Bordeaux est très correctement desservi par un ensemble de 3 lignes [et bientôt 4 voire 5 avec le BHNS], il n'en va pas de même pour les très importants générateurs de trafic que sont le **campus de Pessac – Talence - Gradignan (environ 40 000 étudiants)** et la **gare Saint-Jean (45 000 entrants et sortants quotidiens actuellement, environ 100 000 attendus en 2020 avec l'arrivée de la ligne TGV)** ».

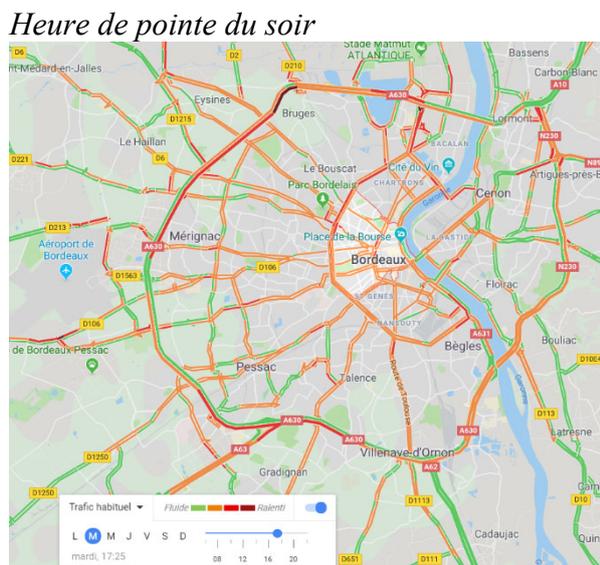
Enfin, « la présence d'une seule ligne de tramway liant les deux rives de la Garonne ne peut que poser des problèmes à moyen terme, notamment à l'égard de la forte croissance périurbaine constatée dans l'Entre-deux-mers et au-delà ».

<sup>19</sup> Quelles réponses à la saturation du tramway de l'agglomération bordelaise ?, Etienne Lhomet et Denis Bousquet (2011 ?)

Le tramway reste victime de son succès malgré la mise en place de terminus partiels, l'acquisition de rames supplémentaires et l'augmentation des fréquences. Le dernier rapport annuel de Keolis<sup>20</sup>, exploitant du réseau, met en effet en évidence une baisse de la vitesse commerciale des trams (18,77 km/h en 2017 contre 18,55 km/h en 2018)<sup>21</sup>. Pour mémoire, les études du tramway avaient prévu une vitesse de 21 km/h. Enfin, le taux de panne en hausse du tram (0,32 pour 10 000 km en 2014 contre 0,42 en 2015) n'est pas un bon signal.

Lors de la délibération du conseil de Bordeaux Métropole du 22 janvier 2016<sup>22</sup> portant sur la Stratégie métropolitaine pour les mobilités, il est rappelé que « Bordeaux reste relativement mal classée par rapport aux autres villes françaises, soit la 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> ville la plus embouteillée de France suivant que l'on se réfère à Tom Tom ou Inrix ». Le trafic se concentre principalement sur la rocade et dans une moindre mesure les boulevards.

Carte 3 : la congestion automobile<sup>23</sup>  
Heure de pointe du matin



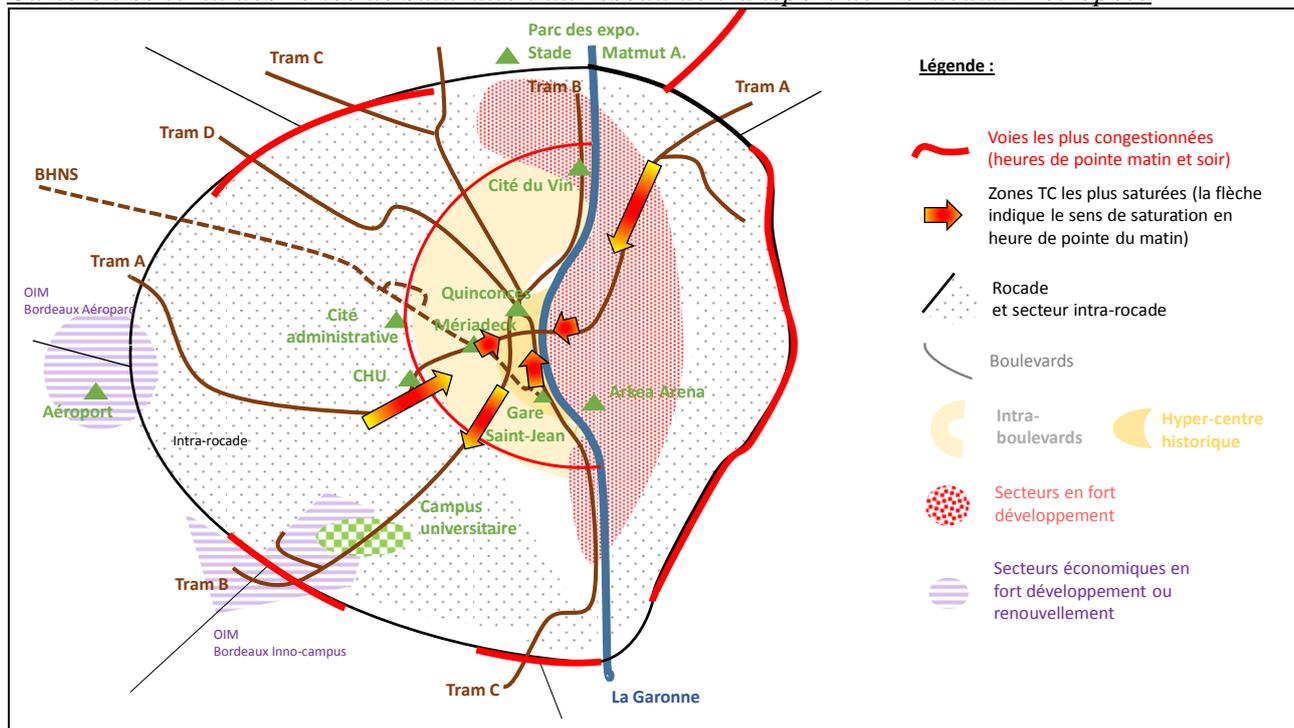
<sup>20</sup> Rapport annuel de Keolis – transports de Bordeaux Métropole – année 2018.

<sup>21</sup> A titre de comparaison, la vitesse commerciale des bus était de 18,11 km/h en 2018 y compris les vacances scolaires contre 17,39 km/h hors vacances scolaires.

<sup>22</sup> Délibération du conseil métropolitain de Bordeaux Métropole n° 2016-7.

<sup>23</sup> Source : Google Trafic, juin 2019, un mardi matin à 8h25 et un mardi soir à 17h25.

*Carte 4 : schéma des zones de saturation du réseau de transport de Bordeaux Métropole*



Le plan d'urgence mobilités 2018-2020 est un bon révélateur des priorités d'aujourd'hui et de demain qui se résument comme suit :

- amélioration des conditions de circulation et de lutte contre la congestion de l'agglomération bordelaise (rocade, secteurs de développement économique dont les opérations d'intérêt métropolitain (OIM) de Bordeaux Aéroport et de Bordeaux Inno-campus, franchissement de la Garonne...).
- amélioration de la performance du réseau TBM (mise en service sur le réseau de transports à haut niveau de service, amélioration du réseau de tramway et de bus).
- amélioration des conditions de stationnement au sein du territoire de Bordeaux Métropole (développement de l'offre de stationnement en parc-relais).
- mise en œuvre de la politique cyclable de Bordeaux Métropole.

## B. Bordeaux Métropole en 2030 : une métropole millionnaire

Pour disposer d'éléments prospectifs relatifs à 2030, nous nous sommes appuyés d'une part sur le **schéma directeur opérationnel des déplacements métropolitains (SDODM)** ayant vocation à définir une stratégie des déplacements en transport en commun sur l'agglomération et d'autre part sur une réflexion menée en 2010 par la communauté urbaine de Bordeaux, et a'urba<sup>24</sup> construite à partir de projections démographiques conduisant à une métropole approchant le million d'habitants., conformément aux orientations politiques prises par le Conseil communautaire.

D'après cette étude, « en 2030, plus de 875 000 déplacements journaliers se font en transports en commun, soit une croissance de 310 % depuis 2009. Un effort considérable a donc été réalisé en matière de développement des transports en commun pour permettre ce volume de déplacements journaliers : **un minimum de 80 kilomètres de TCSP lourds** (transports en commun en site propre, bus à haut niveau de service...) **supplémentaires ont été réalisés**<sup>25</sup> [...]. C'est donc un minimum de **120 kilomètres de transports en commun lourds en 2030** dont doit disposer le territoire métropolitain **contre 43 kilomètres en 2010**. L'objectif est de pouvoir absorber « 1 million de déplacements supplémentaires en 2030, soit une croissance de 43% par rapport à 2009 ».

A contrario, aucune infrastructure routière n'a été créée sur la CUB hormis la modernisation et le passage à 2x3 voies de la rocade ».

Données de cadrage sur la mobilité de la CUB<sup>26</sup> :

Une stabilisation du nombre de déplacements automobiles sur La Cub entre 2009 et 2030

données de cadrage sur la mobilité à l'échelle de la Cub

	population	mobilité individuelle	déplacts. journaliers	parts modales TC	déplacts. journaliers TC	part modale VP	déplacts. journaliers VP	kilomètres de TCSP lourd
<b>2009</b>	<b>702 500</b> (2006)	<b>3,64</b>	<b>2 557 100</b>	<b>11%</b>	<b>281 281</b>	<b>59%</b>	<b>1 508 689</b>	<b>43 km</b>
<b>2030</b>	<b>950 00</b>	<b>3,84</b> hyp : +0,1 tous les 10 ans	<b>3 648 000</b> (+10090900, soit +43%)	<b>24%</b>	<b>875 520</b> (+310%/2009)	<b>37%</b>	<b>1 508 689</b>	<b>120 km</b> (+80km sur la base d'un rythme moyen de 4km/an)

Pour répondre à cette croissance démographique qui se concrétisera essentiellement rive droite et plus globalement dans la moitié Est de la métropole bordelais (cf. carte ci-contre sur l'évolution de la

<sup>24</sup> Source : analyses et projections de la métropole bordelaise en 2030, co-écrit avec la CUB par a'urba, 2010.

<sup>25</sup> Par rapport à 2009.

<sup>26</sup> Source : analyses et projections de la métropole bordelaise en 2030, co-écrit avec la CUB par a'urba, 2010, page 19.

population 2010-2030<sup>27</sup>) et aux besoins de déplacements, le schéma directeur opérationnel des déplacements métropolitains (SDODM) dresse les orientations suivies en matière de mobilité pour accompagner au mieux l'augmentation de la population vers la cible de 950 000 habitants ou plus en 2030.

Les études de faisabilité du SDODM mettent ainsi en avant la nécessité de **favoriser le maillage « qui permet l'articulation des lignes et donc l'augmentation des possibilités de destination »**.

Il préconise de créer des pôles d'échanges supplémentaires « en amont de ceux du centre-ville qui auront pour conséquence une désaturation du réseau ».

Autre enseignement à retenir : le secteur intra-rocade situé entre les boulevards et la rocade, « représente le site privilégié de maillage et d'articulation du réseau de transports collectifs. En effet, afin de limiter les temps de parcours des voyageurs et éviter la saturation des lignes en hyper-centre, des points de correspondance multimodaux entre les lignes radiales et circulaires du réseau pourraient être développés »<sup>28</sup>.

Schéma de synthèse du SDODM<sup>29</sup> :

Pour Michel Labardin, maire de Gradignan et vice-président métropolitain en charge des transports de demain, l'orientation-clé à retenir est la suivante : « **la 4<sup>ème</sup> phase de transports de la métropole sera un réseau circulaire** »<sup>30</sup>.

Forts de ce constat mettant en évidence le besoin de développement très prégnant de transports en commun performant pour permettre un développement équilibré de la métropole bordelaise entre

---

<sup>27</sup> Source : analyses et projections de la métropole bordelaise en 2030, co-écrit avec la CUB par a'urba, 2010, page 7.

<sup>28</sup> Rapport à la commission du bureau, séance du 18 septembre 2014, n°21985, sur la relance du schéma directeur opérationnel des déplacements métropolitains, pages 4 et 5.

<sup>29</sup> Extrait du rapport à la commission du bureau, séance du 18 septembre 2014, n°21985, sur la relance du schéma directeur opérationnel des déplacements métropolitains (SDODM).

<sup>30</sup> Interview de Michel Labardin à 20 Minutes Bordeaux du 21 mars 2018.

accueil de nouveaux habitants et qualité de vie, la question du choix du mode le plus pertinent pour atteindre ces objectifs se pose. C'est dans cette perspective que nous allons chercher à savoir si un métro serait une solution adaptée.

## **C. Quels atouts et faiblesses génériques du métro comme solution technique pour répondre aux besoins de mobilité ?**

Indépendamment du dimensionnement précis du besoin qui reste à déterminer, le métro apparaît comme une solution attractive et performante à plusieurs titres :

- les contraintes identifiées actuellement sur le territoire métropolitain militent fortement pour un site propre (cf. limites physiques avec la saturation constatée de plusieurs axes utilisés par les bus et tram).
- les limites de performance du réseau actuel qui ne permet pas un accompagnement optimal et suffisant de la croissance de l'agglomération pourraient être dépassées grâce à la performance (fiabilité, fréquence) et la rapidité (vitesse commerciale près de 2 fois supérieure à celle d'un tramway) d'un métro.

De manière plus détaillée, par rapport à un tramway, les forces et faiblesses d'un métro<sup>31</sup> peuvent être appréhendées comme suit :

<b>Forces du métro</b>	<b>Faiblesses du métro</b>
<b>Critères économiques</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût de la construction relativisé au passager transporté sur 30 ans</li> <li>- Coût d'exploitation au kilomètre</li> <li>- Taux de couverture des dépenses par les recettes</li> <li>- Fréquentation</li> <li>- Impact négatif du chantier</li> <li>- Consommation d'espaces publics</li> <li>- Exploitation à moyen et long termes (cf. benchmark et retours d'expérience des autres collectivités)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût de la construction (enjeu de l'investissement initial)</li> <li>- Coût du matériel roulant (à confirmer au cas par cas)</li> </ul>
<b>Critères environnementaux</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Attraction de nouveaux usagers</li> <li>- Impact du projet sur la circulation automobile</li> <li>- Diminution des émissions routières de polluants atmosphériques par report modal (diminution des émissions du CO2 du trafic routier)</li> <li>- Emissions directes du métro automatique très faibles</li> <li>- Consommation électrique totale par kilomètre sur 1 an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Requalification urbaine autour de la ligne : un métro est moins structurant et requalifiant pour l'espace urbain traversé</li> </ul>

<sup>31</sup> A partir de l'étude « Transports collectifs urbains à Toulouse, Opportunité et faisabilité d'une troisième ligne de métro », Maxime Lafage, septembre 2011, pages 44 et 45.

### Critères de performance

- Taux de disponibilité du réseau
- Capacité théorique maximale / saturation de la ligne
- Fréquence maximale de desserte
- Gain de temps moyen
- Vitesse commerciale moyenne / vitesse de point
- Régularité du service
- Confort en station
- Site propre intégral

- Attrait visuel

Durée de vie des rames  
Confort dans les rames

### III. CONSIDERATIONS SUR LA FAISABILITE TECHNIQUE D'UN METRO A BORDEAUX METROPOLE

---

Parler d'un métro à Bordeaux fait immédiatement écho au projet des années 80, avec l'issue que l'on lui connaît. Avant de faire le point sur les techniques actuelles de métro, il nous a semblé pertinent de revenir sur les études menées à la fin des années 80 et au début des années 90, afin notamment de comprendre les raisons de l'abandon du projet, couramment lié aux contraintes géotechniques. Nous verrons ensuite les progrès réalisés dans ce domaine ainsi que les techniques de matériel roulant. Ces réflexions sont notamment fondées sur un retour d'expériences d'autres métropoles françaises dotées d'un métro (Lyon, Toulouse, Lille et Rennes)<sup>32</sup>.

#### A. Le projet historique de métro : 1986 - 1994

##### 1. Un bref historique du projet

Le principe d'un réseau en site propre apparaît dès 1974 comme une nécessité dans le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (SDAU). Comme me l'a rapporté Thierry Guichard, directeur général des services techniques de la communauté urbaine de Bordeaux à partir de 1991<sup>33</sup>, Jacques Chaban-Delmas, maire et président de la Communauté Urbaine de Bordeaux, n'est pas favorable à un tramway dans sa ville, lui qui a mis un terme à l'ancien tramway de Bordeaux en 1958. Il juge ce mode « archaïque et démodé ».

C'est dans ce contexte que la CUB fait réaliser plusieurs études qui conduisent son Conseil à décider de la création d'un métro en juin 1986, et à choisir en novembre de la même année le véhicule automatique léger (VAL). A l'époque du tout-automobile, le métro ne se positionnait pas contre l'automobile, au contraire du tramway. C'est un élément de contexte qui pèse dans l'acceptabilité par la population de ce projet, comme le souligne Jean-Philippe Noël<sup>34</sup> alors membre de l'équipe-projet en charge du métro.

L'avant-projet sommaire est adopté en 1988. Les études avancent ensuite jusqu'à l'approbation par le Conseil de la CUB en mars 1990 de la réalisation en plusieurs phases d'un réseau VAL d'environ

---

<sup>32</sup> Cf. entretiens réalisés présentés en introduction du rapport.

<sup>33</sup> Entretien réalisé le 12 mars 2019 avec Thierry Guichard, directeur général des services techniques de la communauté urbaine de Bordeaux à partir de 1991.

<sup>34</sup> Entretien réalisé le 13 mars 2019 avec Jean-Philippe Noël, contrôleur de gestion auprès du secrétaire général de la communauté urbaine, mobilisé sur le projet jusqu'à son abandon en 1994.

45 km composé de 3 lignes (cf. plan ci-après de la carte du réseau prévu à terme), dont la première phase comprendrait les deux lignes Saint-Jean – Ravezies (6,6 km et 10 stations) et Thiers-Galin – CHR (6,3 km et 9 stations), en correspondance à Quinconces. Une deuxième phase prévoyait une troisième ligne desservant le domaine universitaire depuis la Victoire (ou la gare Saint-Jean).

Plan du réseau à terme<sup>35</sup> :



Ce programme est ensuite revu avec des propositions de nouveaux phasages dans une perspective notamment de diminution des coûts. Dans un contexte d'opposition grandissante au projet et de recours contre les décisions du Conseil de la CUB, notamment de la déclaration d'utilité publique prise en 1992, un coup d'arrêt final est donné au VAL avec le rejet par le conseil de la CUB du traité de concession en juillet 1994.

<sup>35</sup> Source : « METRO VAL : évaluation du projet et étude d'impact », avril 1991, document conservé aux archives de Bordeaux Métropole.

## 2. Les caractéristiques du projet<sup>36</sup>

### Le matériel roulant

A l'époque, l'implantation d'un tramway dans les artères étroites du centre-ville s'avérait délicate, avec un passage par les quais qui éloignait le tramway des zones denses du centre. *A contrario*, le système VAL, aménagé en site propre intégral, permettait des vitesses commerciales nettement supérieures, proches de 35 km/h, des fréquences élevées et modulables, avec un automatisme intégral diminuant les coûts d'exploitation. Le système était déjà en service à Lille et en cours de réalisation à Toulouse, Rennes, Orly, Taipei (Taïwan), Chicago et Jacksonville (Etats-Unis).

Le VAL aurait été composé de rames de 26 mètres pouvant circuler à une fréquence proche d'1 minute en heure de pointe. Il offrait une capacité en charge normale de 154 personnes dont 44 places assises et 110 places debout (4 personne par m<sup>2</sup>).

### Choix géotechniques

Le tracé retenu était composé de 5 sections différentes sur lesquelles 4 types d'ouvrages étaient préconisés : essentiellement des ouvrages bitubes et monotubes et pour quelques tronçons, des tranchées couvertes ou le recours à la méthode traditionnelle (cf. détail en annexe A4).

Compte-tenu de la profondeur des quais par rapport au sol qui variait entre 5 à 24 mètres (15 mètres en moyenne) et de l'organisation des stations sur 2 niveaux (salle des billets et quais) ou 3 niveaux pour 2 stations (Quinconces et St-Projet), il était envisagé une réalisation des stations enterrées à ciel ouvert, à partir de la voirie.

---

<sup>36</sup> Métro VAL, évaluation du projet et étude d'impact, 1<sup>ère</sup> phase : lignes A et B, avril 1991, document consulté aux archives de Bordeaux Métropole.

Coupe géologique schématique de la ligne Quinconces – Thiers-Galin

Types d'ouvrages par section : monotube, bitube, tranchée couverte ou méthode traditionnelle

### **Gain de temps escompté**

Le métro VAL promettait un gain de temps significatif pour l'utilisateur, évalué entre 60 et 80 % pour les liaisons directes et entre 17 et 61 % pour les liaisons avec rupture de charge (les gains les plus élevés étant attendus pour les liaisons en provenance de la rive droite).

### **Fréquentation attendue**

154 000 voyageurs étaient attendus en 1995 dans le réseau de métro<sup>37</sup> avec Quinconces comme centre névralgique du nouveau réseau. D'après les projections, les stations les plus fréquentées auraient donc été :

- pour la ligne Saint-Jean – Les Aubiers, Quinconces (38 500 montées-descentes par jour), la Victoire (36 500) et dans une moindre mesure la gare Saint-Jean (25 000).
- pour la ligne Quinconces – CHR, les deux terminus auraient eu les fréquentations les plus élevées (respectivement 27 000 et 20 500 montées – descentes par jour), soit une fréquentation moindre que la première ligne. Celle de Mériadeck était évaluée à 10 000 montées – descentes par jour en 1995.

### **Coût et calendrier de mise en service<sup>38</sup>**

Le calendrier établi en 1990 prévoyait le début des travaux en 1992 et une mise en service commerciale des deux premières lignes fin 1996 – début 1997, pour un budget de 5,2 milliards de Francs (valeur de 1990), soit environ 1,2 milliards d'euros (valeur de 2018), consacrés aux 2/3 au génie civil et à 1/3 pour les équipements (essentiellement le matériel roulant).

### **Le financement**

Le plan de financement faisait notamment appel à une augmentation progressive du taux de versement transport (VT) de 1% en 1987 à 1,5% à partir de 1992, ainsi qu'à l'augmentation volontaire forte du prix du ticket (n'amenant toutefois le prix du ticket qu'au niveau de celui des autres « villes à métro » de province, soit de 3,05 F en 1987 à 4,97 F en 2000) et à une subvention de l'Etat de 600 MF.

---

<sup>37</sup> Metro automatique léger VAL, avant-projet sommaire, tome III, volume 9, trafic – exploitation, juin 1988, consulté aux archives de Bordeaux Métropole.

<sup>38</sup> Metro automatique léger VAL – avant-projet sommaire, tome II, volume 3, infrastructures en ligne, juin 1988, document consulté aux archives de Bordeaux Métropole.

L’hypothèse retenue d’accroissement du trafic grâce à « l’excellente attractivité » du VAL<sup>39</sup> contribuait à réduire le déficit d’exploitation (par rapport à celui projeté sans VAL, soit d’après les estimations 273 vs 252 MF en 2008 et 305 vs 272 MF en 2030).

Quelques chiffres de synthèse relatifs à l’exploitation de la première phase du réseau (hypothèses de 1987) :

DONNEES GENERALES		COÛTS DIRECTS D’EXPLOITATION (en MF 97)	
Longueur exploitée	12,9 km	Personnel	30,3 MF
Nombre de stations	19	Energie	9,4 MF
Nombre d’escaliers mécaniques	78	Maintenance	31,0 MF
Parc matériel roulant	30 véhicules de 26 mètres (dont 4 en maintenance et 3 en réserve d’exploitation)	Frais généraux et assurances	7,0 MF
Vitesse moyenne (pour l’usager, de terminus à terminus)	33,8 km/h sur la ligne A et 34,5 km/h sur la ligne B	<b>TOTAL</b>	<b>77,7 MF</b>
Personnel	152 personnes	(hors incidence révisions générales)	15,7 M€ 2018

### 3. Les raisons de l’abandon du projet

Une opposition grandissante au projet voit le jour, aussi bien de la part de certains élus métropolitains (écologistes, socialistes et même Chabanistes) que d’associations. Il s’agit notamment d’Aquitaine Alternative et Trans’Cub.

Comme le rapporte Claire Le Merrer<sup>40</sup>, membre de l’équipe-projet de la mission en charge du métro au sein de la CUB, « la nature du sous-sol peu favorable aux tunnels est souvent mise en avant dans l’abandon du projet, de même que la faible densité de l’agglomération. Mais c’est bien le rejet du traité de concession en Conseil de CUB en juillet 1994 (cf. délibération du 22 juillet 1994 relative à la présentation du traité de concession, rejeté par 64 voix « contre » face à 54 voix « pour ») qui enterre le projet, préalablement affaibli par les différents recours en justice (notamment l’annulation de la déclaration d’utilité publique par le tribunal administratif) ».

<sup>39</sup> Cf. données de fréquentation prévisionnelle en annexe.

<sup>40</sup> Entretien réalisé le 22 mars 2019 avec Claire Le Merrer en tant que membre de l’équipe-projet de la CUB en charge du métro à partir de 1988.

Ainsi, à un moment charnière de la vie politique bordelaise avec la fin de l'ère Chaban-Delmas, le coût du projet considéré très élevé pour un tracé restreint (ses opposants mettaient en avant le surcoût engendré par les caractéristiques du sous-sol bordelais et le coût nettement inférieur d'un tramway par exemple) et le contrat de concession jugé défavorable à la CUB (conditions financières et modèle économique contestés avec des taux d'intérêt très élevés et un cumul de marges par le concessionnaire pressenti) ont contribué à l'abandon du projet, considéré comme financièrement insoutenable.

L'arrivée d'Alain Juppé à la tête de l'exécutif bordelais met fin à ce projet en lui préférant celui d'un tramway avec le succès que l'on lui connaît aujourd'hui.

## **B. Les techniques actuelles de métro**

Après être revenu sur les difficultés rencontrées par le projet initial de métro à la fin des années 80 et au début des années 90, nous proposons de faire le point sur les techniques actuelles de métro et de mesurer les progrès réalisés en 30 ans.

Pour y parvenir, nous avons engagé plusieurs démarches :

- d'une part, un parangonnage avec d'autres collectivités dotées d'un métro.
- d'autre part, des entretiens avec des experts thématiques de projets de métro, en particulier en matière de géologie et de géotechnique, points sensibles d'un projet de métro et en particulier à Bordeaux compte-tenu des caractéristiques du sous-sol.

Ces échanges nous ont aussi permis d'identifier quelles sont, aujourd'hui, les grandes caractéristiques des projets de métro et de bénéficier de leur retour d'expérience pour celles exploitant des lignes depuis plusieurs dizaines d'années, notamment en termes d'exploitation à moyen et long terme.

### **1. Enseignements généraux tirés des échanges avec d'autres collectivités françaises dotées d'un métro : Lille, Lyon, Toulouse et Rennes<sup>41</sup>**

Il aura fallu entre 10 et 15 ans d'études et de travaux pour doter ces territoires de réseaux allant d'une vingtaine de kilomètres (Marseille et Rennes) à plus de 40 kilomètres (Lille), voir plus pour Toulouse lorsque sa troisième ligne sera en service. Organisés autour de 2 à 4 lignes, ils connaissent une fréquentation par ligne allant d'un peu plus de 100 000 voyageurs (120 000 voyageurs pour la ligne B à Lyon, 130 000 pour la ligne A à Rennes à 113 000 attendus sur la nouvelle ligne de Rennes) à plus de 250 000 pour la ligne D de Lyon par exemple. 150 000 à 200 000 voyageurs sont attendus dans la 3<sup>ème</sup> ligne de Toulouse lors des premières années de fonctionnement.

Compte-tenu des éléments communiqués par ces territoires, une fourchette de coût kilométrique de réalisation d'un métro peut être établie entre 80 et 100 M€ pour un gabarit de métro automatique léger.

---

<sup>41</sup> Nous n'avons pas eu de retour de la métropole marseillaise.

*Présentation des réseaux de métro des villes de province :*

## **2. Géotechnique – géologie**

### **2.1 Projets et études portant sur la connaissance du sous-sol bordelais**

#### **⇒ Les études du projet de métro historique (années 80 – 90)**

**Les études réalisées lors du projet initial de métro s'appuyaient déjà à l'époque sur « l'expérience acquise en matière de tunnels à Bordeaux ».** Dans l'avant-projet détaillé, il est rappelé l'ensemble des études géologiques menées, y compris pour la traversée de la Garonne dont le franchissement avait été reconnu grâce à plusieurs sondages carottés. Les données relatives à l'occupation du sous-sol permettaient notamment d'orienter vers le choix du type de tunnel (monotube ou bitube notamment).

Il y est également mentionné « l'expérience en matière de tunneliers sur les chantiers, tant en France qu'à l'étranger, qu'il s'agisse de métro, chemin de fer, ouvrages d'assainissement ou galeries de toute nature, qui conduit *aujourd'hui* à disposer de techniques bien élaborées en matière de creusement mécanisé adapté à l'environnement urbain, et ce dans les gammes de diamètre intéressant le métro. Les expériences en France sont aujourd'hui nombreuses : métro de Lyon, de Lille plus récemment de Toulouse, tunnel de Villejust pour le TGV Atlantique, tunnel sous la Manche ».

*Exemple de carottage réalisé pour la station « Les Capucins »  
permettant d'en dresser le profil lithologique.*

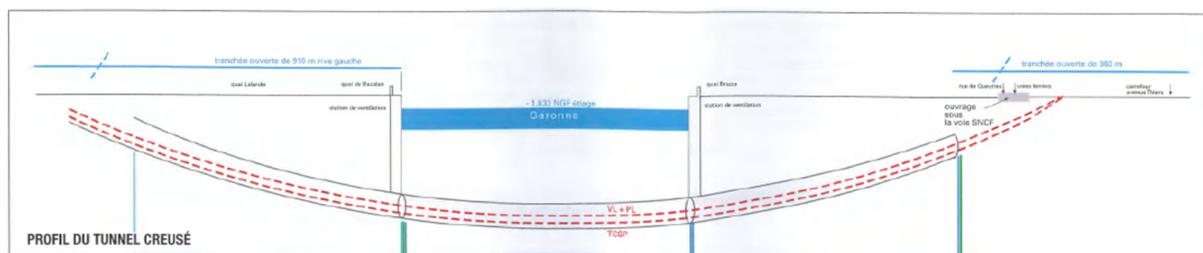
Il y est également précisé qu'à « Bordeaux, des chantiers de tunnels, récents ou en cours, réalisés par la CUB, apportent des compléments d'information intéressants relatifs à la nature du sous-sol ainsi qu'aux difficultés rencontrées lors des travaux de creusement ». Il était prévu de relever les stations au maximum afin d'accroître l'attractivité du système vis-à-vis de l'utilisateur. Entre les stations, le tunnel présente un profil en chainette qui, « outre son intérêt économique pour l'exploitation des rames, a l'énorme avantage de permettre au tunnel d'aller s'inscrire rapidement dans les marnes sannoisiennes presque toujours situées vers 15-20 mètres de profondeur ».

### ⇒ Etude et travaux réalisés plus récemment

- **Etude du franchissement Lucien Faure par un tunnel sous la Garonne<sup>42</sup> commandée en 2000 par la ville de Bordeaux**

Deux options ont été proposées, dont un tunnel creusé au tunnelier dans les marnes au-dessous du fleuve, « dont la faisabilité ne semblait pas devoir être mise en cause ».

Profil du tunnel creusé sous la Garonne (véhicules légers, poids lourds et transports en commun) :



- **Travaux d'assainissement creusés au tunnelier à Bordeaux**

Une dizaine de kilomètres ont été creusés au tunnelier à Bordeaux, depuis le milieu des années 80. Au cours du 1<sup>er</sup> chantier, 3 effondrements ont été observés ; 1 seul au second chantier. A la technologie des tunneliers à pression d'air, ont ensuite été préférés des tunneliers à pression de terre ou de boue, qui réduisent le risque d'effondrement.

<sup>42</sup> Etude réalisée par le CETU, centre d'études des tunnels, en décembre 2000.

○ **Tunnel de Brazza en cours de construction sous la Garonne**

Ce tunnel ayant vocation à raccorder les réseaux de la rive droite à la rive gauche s'étendra sur 750 mètres de long et passera sous la Garonne à une profondeur comprise entre 25 et 35 mètres.

*Extrait du profil en long du tunnel de Brazza<sup>43</sup> :*

---

<sup>43</sup> Source : Bordeaux Métropole, direction de l'eau – maîtrise d'ouvrage du projet.

**Benchmark sur les caractéristiques techniques des réseaux de métro français de province : les ouvrages souterrains**

## 2.2 Aléas des chantiers

Les principaux aléas redoutés lors de travaux souterrains au tunnelier (*cf. schéma de principe de creusement avec un tunnelier*) sont de deux ordres : le refoulement avec éruption en surface ou l'effondrement (*cf. schéma ci-dessous*)<sup>44</sup>.

### **Les fontis, principaux aléas rencontrés lors de la construction de tunnels**

#### **Rennes**

Dans le centre-ville de Rennes, lors du chantier du métro en novembre 2016, au passage du tunnelier, le plancher d'un magasin s'est effondré sur une surface de 15 m<sup>2</sup>, et sur une profondeur de deux à trois mètres, faisant trois blessés légers.

#### **Nice**

Un trou de 5 mètres de diamètre et trois de profondeur se forme en pleine rue (juillet 2017) lors des travaux du tunnel du tramway.

*Photo : Nice – La Dépêche*

#### **Paris**

Dans la nuit du 14 au 15 février 2003, la voûte du tunnel en construction pour le prolongement "Olympiades" de la ligne de métro "Météor" s'est effondrée, entraînant la formation d'un fontis dans la cour de l'école maternelle "Auguste Perret". Parmi les causes identifiées<sup>45</sup>, l'état du calcaire, l'insuffisance du soutènement et le comportement des acteurs pendant les travaux.

*Photo : RATP*

## 2.3 Progrès et pistes de solutions pour réduire les risques

### ⇒ **Des tunneliers plus performants**<sup>46</sup>

Depuis les années 90, les techniques ont évolué, avec l'apparition notamment du tunnelier à

<sup>44</sup> Source : Herrenknecht Tunnelling Systems, Conférence tunneliers, présentation par Guy Lechantre, directeur d'Herrenknecht France, à Lyon, le 8 Novembre 2017.

<sup>45</sup> Conseil général des Ponts et Chaussées, Effondrement sur le chantier "Météor", Mission n° 2003-0054-01, ministère de l'équipement, des transports et du logement, 4 avril 2003.

<sup>46</sup> Source : Herrenknecht Tunnelling Systems, Conférence tunneliers, présentation par Guy Lechantre, directeur d'Herrenknecht France, à Lyon, le 8 Novembre 2017.

pression de terre et plus récemment de **tunneliers multi-modes, à densité variable**<sup>47</sup>, spécialement conçus pour traiter les zones karstiques calcaires complexes. Une transition d'un mode de fonctionnement à l'autre peut être réalisée rapidement et sans ajustements importants. **Ces tunneliers offrent un rendement bien meilleur qu'auparavant, et ce quel que soit la nature des sols. La présence dans le sous-sol bordelais de marnes et de karsts plaide en faveur d'un tunnelier à densité variable.** Le gain réalisé sur la station de traitement des boues (par rapport à un tunnelier à pression de boue) compense un coût initial de 10 à 15% plus élevé qu'avec un tunnelier standard.

⇒ **Une préparation et un suivi des chantiers améliorés : les recommandations de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES)**<sup>48</sup>.

#### ***En phase de préparation du chantier :***

Un processus de management des risques doit être mis en œuvre dès le début de l'opération, jusqu'à l'achèvement des travaux<sup>49</sup>. « Ce processus, qui se veut dynamique au fur et à mesure de l'avancement des études (avant la désignation du maître d'œuvre, après sa désignation et après la désignation de l'entreprise de travaux), doit être intégré dans les contrats que ce soit en conception non aboutie (contrat de maîtrise d'œuvre ou conception-réalisation) ou en conception aboutie (contrat de travaux) ».

#### ***Exemple de registre des risques (géotechniques, avoisinants, environnement) en phase conception***<sup>50</sup>

L'élaboration de ce plan de management des risques a pour objectif de lister les risques résiduels, à savoir ceux non couverts par les dispositions techniques prévues au marché et contre lesquelles le maître d'ouvrage juge nécessaire de se prémunir. Il analyse les événements à leur origine, apprécie leur vraisemblance et définit les conséquences prévisibles sur l'organisation du chantier.

---

<sup>47</sup> <https://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/multi-mode-tbm/>

<sup>48</sup> Cf. également guide d'application du fascicule 69 du CCTG sur les travaux en souterrain.

<sup>49</sup> Revue Tunnels et espace souterrain - n°249 - Mai/Juin 2015 – Recommandation de l'AFTES n°GT25R3F1.

<sup>50</sup> AFTES – recommandations de l'AFTES – prise en compte des risques techniques dans les projets d'ouvrage souterrains en vue de la consultation des entreprises, revue tunnels et espaces souterrains, n°258 – novembre/décembre 201 – GT32R3F1, pages 350 et 351.

Il rappelle les dispositions techniques prévues pour prévenir les événements redoutés et limiter leurs conséquences (reconnaitances à l'avancement...).

Il contient la description des dispositions techniques et organisationnelles envisagées pour mettre le chantier en sécurité lors de leur survenance, et pour poursuivre le chantier.

Le PMR propose enfin les principes ou modalités de rémunération de ces interventions.

*Logigramme de synthèse de méthodologie de management du risque*<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> AFTES – recommandations de l'AFTES – caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques – revue tunnels et espaces souterrains, n°232 – juillet/août 2012.

### **Une capitalisation permanente : l'exemple du chantier du métro de Rennes (ligne B)<sup>52</sup>**

Il présente « un ensemble exceptionnel d'innovations techniques, dont le bilan sera particulièrement utile pour le métro du Grand Paris Express ».

#### *Phase études du projet :*

- Exécution et synthèse des études avec l'aide d'une maquette 3D unique (BIM), qui a facilité la coordination de tous les corps de métier (génie civil, second œuvre et équipements) ;
- Choix d'un profil en long en chaînettes à très forte pente (jusqu'à 7,5 %), pour minimiser les perturbations sur le bâti ;
- Etude préalable de vulnérabilité du bâti selon des critères aussi rigoureux que possible, et intégration des résultats au projet d'exécution du tunnel ;
- Effort particulier de toutes les parties pour identifier à l'avance les risques géotechniques et prévoir un mode de rémunération loyal des moyens mis en œuvre pour les surmonter, avec une clause d'intéressement de l'entreprise ;
- Mise en place de tubes géothermiques dans les armatures des parois de 4 stations dont la réalisation est coordonnée avec la construction de logement au-dessus.

#### *Phase travaux :*

- Mise en œuvre d'un tunnelier à trois corps pour faciliter le passage des courbes ;
- Choix d'un couple de rotation exceptionnellement élevé (26 000 kN.m) pour une performance maximale ;
- Auscultation automatisée de 4 km de ligne dans l'hyper-centre (tunnel, parois, avoisinants) et sur la zone d'influence géotechnique des stations.

#### ***En phase de chantier :***

Des capteurs de mesure permettant de réaliser des confinements plus fins ont été mis au point, et réduisent le risque de tassements préjudiciables.

C'est notamment ce qui se fait au niveau du Grand Paris, avec des mesures en continu en surface du bâti, ce qui permet d'avoir des informations en direct pour le pilote. Si jamais un tassement se produit, une réaction immédiate est alors possible.

En matière de retours d'expérience de chantiers dans des sols aux caractéristiques proches du sous-sol bordelais, les experts citent celui de Kuala Lumpur (calcaires karstiques) ou encore un à venir du Grand Paris (secteur ouest) qui n'a pas encore démarré mais dont des retours seront disponibles d'ici 3 à 4 ans.

---

<sup>52</sup> Revue tunnels et espaces souterrains - n°249 - Mai/Juin 2015 – Reportage sur la visite du chantier du métro de Rennes (ligne B).

**Synthèse des recommandations des experts :**

- Faire valider un premier corridor pour le tracé de la ligne de métro sans aucune considération géotechnique / géologique.
- Investir dans les investigations amont, par étape progressive (« retour sur investissement » garanti en cas de litige) pour fiabiliser les données géologiques et réaliser un diagnostic notamment du bâti très approfondi (vérification de l'état de santé des réseaux, des égouts et tous les bâtiments par un bureau de contrôle), en particulier à Bordeaux où la géologie est compliquée.
- Intégrer aux équipes de la maîtrise d'ouvrage, de son assistant à maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre de fortes compétences géotechniques.
- Choisir un entrepreneur avec de bonnes références, préférentiellement de taille nationale et disposant de moyens importants.
- Amender le tracé pour éviter le cas échéant un point sensible.

Exemple de relevés techniques pour le tracé de tunnel à Lyon sous le Rhône<sup>53</sup>

---

<sup>53</sup> Tunnels et espaces souterrains - n°240 - Novembre/Décembre 2013, article sur le métro de Lyon, ligne B, Cérémonie d'ouverture du prolongement de Gerland à Oullins, page 433.

### **3. Les caractéristiques du matériel roulant**

**Benchmark sur les caractéristiques techniques des réseaux de métro français de province : le matériel roulant (MR)**

*Quelques éléments de comparaison entre le matériel roulant du métro et celui du tram*<sup>54</sup>

<b>Métro :</b>	<b>Tram :</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse maximale : 70km/h pour un métro classique et 80km/h en pointe pour un métro léger.</li> <li>- Vitesse commerciale moyenne d'un métro léger : 30 à 50 km/h.</li> <li>- Pas d'accident voyageurs.</li> <li>- Qualité de service, souplesse, modularité.</li> <li>- Coût d'exploitation au km parcouru (HT) : 6,1 à 8,5 € selon les configurations.</li> <li>- Conso électrique moindre que celle du tram.</li> <li>- Rame - exemple du VAL208NG : 4,3M€.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cohabitation avec les automobiles source d'accidents, idem avec les piétons et vélos (arrêts d'exploitation longs...).</li> <li>- Taux de disponibilité plus faible.</li> <li>- Fréquence et capacité inférieure au métro léger.</li> <li>- Temps d'attente longs parfois dissuasifs et faible capacité impactent le déficit d'exploitation</li> <li>- Coûts d'exploitation et consommation électrique de 20 à 40 % supérieurs à ceux du métro léger pour des recettes inférieures.</li> </ul>

### 3.1 Les atouts du matériel roulant

Plusieurs fabricants sont positionnés sur le marché du métro (Alstom, Bombardier, Mitsubishi, Hyundai Rotem, Siemens...). Les constructeurs mettent en avant les arguments suivants, confirmés par les entités contactées en charge de l'exploitation de lignes de métro :

- fiabilité et facilité de maintenance tout au long de la durée de vie de la rame,
- faible consommation d'énergie,
- performance optimisée,
- recyclabilité maximale (jusqu'à 95 %),
- souplesse et évolutivité grâce à des conceptions de rames permettant de répondre à la croissance éventuelle de l'achalandage à venir. Les configurations peuvent par exemple aller de 800 à 5000 passagers par rame en fonction du nombre de voiture<sup>55</sup>.
- flexibilité de son exploitation. Il est en effet très simple d'augmenter rapidement la fréquence, c'est-à-dire le nombre de passages par heure sans devoir mobiliser du personnel supplémentaire.
- fermeture complète des quais limitant considérablement les risques d'objets ou de voyageurs sur les voies.
- normes élevées de sécurité et de sûreté, même en fréquence haute.

### 3.2 Coûts d'exploitation et durée de vie

Concernant les coûts d'exploitation du métro automatique, les témoignages d'autres collectivités (Lyon, Toulouse et Rennes) font état de coûts allant de **8 à 10 €/km en euros actuels**.

<sup>54</sup> Etude de faisabilité Métro de Toulouse.

<sup>55</sup> Cas du matériel roulant produit par Siemens.

Alors que les données du CERTU<sup>56</sup> font état d'une durée de vie du matériel roulant de métro de l'ordre de 30 ans, Rodolphe Munier du Sytral indique que les lignes A et B de Lyon ont 40 ans : « les rames ne sont toujours pas changées. Nous prévoyons aujourd'hui une mise au rebut en 2030 ». Concernant la ligne D : « elle a bientôt 30 ans, nous prévoyons une mise au rebut au bout de 40 ans (les rames ont été plus sollicitées). Les opérations lourdes de renouvellement (à mi-vie) ont été réalisées (les grandes révisions) au bout de 25 ans environ ». Alexis Cournet, de Tisseo Collectivités (Toulouse) indique également qu'il est possible d'envisager une durée de vie supplémentaire de 10 ans : « Au total, la durée de vie peut ainsi être accrue à 40 ans ». Il précise : « Le coût d'une telle opération dépend de l'ambition technique requise. Je pense qu'un budget de 500k€ HT est un bon ordre de grandeur, une rame VAL coûtant environ 5M€ HT ». L'objectif d'atteindre 40 ans est également partagé par Rennes.

#### **Focus sur la technologie VAL 208 choisie par Rennes Métropole :**

La VAL 208 est un métro léger, développé par Siemens, automatique et sans conducteur.

D'une longueur de 26m (2 voitures de 13m) et d'une largeur de 2,08m, chaque rame peut accueillir 158 personnes dont 50 assises dans un souci d'accessibilité et de sécurité à toutes les personnes.

Ce métro léger, grâce aux pneus et à l'énergie électrique, est très silencieux.

Dans les stations, des parois vitrées séparent le quai de la voie et rendent toute chute impossible. Des portes palières, situées face aux portes du VAL, s'ouvrent lorsque la rame s'est immobilisée. Les voyageurs peuvent alors entrer dans la rame. Le plancher de la rame est exactement au niveau du quai et l'écartement entre les deux n'excède pas 3 cm.

Le Poste de Commandement Centralisé (PCC) assure le rôle de "tour de contrôle" d'un système entièrement automatisé : il comprend une salle de commandes occupée par des opérateurs 24h/24.

L'interruption du trafic entre minuit et 5h30 permet l'entretien de la ligne.

L'exploitation du VAL de la ligne A mobilise une centaine de personnes.

---

<sup>56</sup> Les coûts des transports collectifs urbains en site propre - chiffres clefs - principaux paramètres, Editions du CERTU, Collection Essentiel - octobre 2011.

## **Synthèse sur le matériel roulant**

Compte-tenu des caractéristiques bordelaises et des techniques actuelles, un métro automatique léger sur pneu de ce type et de cette capacité semblerait adapté aux besoins.

Les autres métropoles françaises ont un retour d'expérience très positif et mettent en avant la fiabilité, la durée de vie, l'adaptabilité et l'évolutivité de leur réseau de métro, ainsi que sa grande sécurité.

Une attention particulière devra être portée sur le dimensionnement du matériel roulant en fonction des besoins (capacité) et les ouvrages (dimensionnement des stations, longueur des quais) devront être évolutifs pour absorber une hausse progressive de fréquentation. C'était un point déjà identifié dans le projet initial de métro à Bordeaux avec la possibilité de doubler la longueur des quais. A Toulouse, les quais de la ligne A sont en cours de doublement mais cela a soulevé des difficultés et des coûts importants qui auraient pu être évités. D'autres collectivités ont aussi prévu ces possibilités d'extension (Lyon, Lille...).

## IV. QUELS TRACES DE LIGNES POUR UN METRO A BORDEAUX METROPOLE ?

---

Pour renforcer l'offre de mobilité et faire face à la dynamique démographique forte du territoire bordelais, se pose la question des tracés à envisager pour répondre aux enjeux préalablement évoqués.

Nous proposons dans cette partie de définir plusieurs scénarios dont nous détaillerons les caractéristiques. Nous les comparerons ensuite entre eux au travers d'une esquisse de bilan socio-économique. Cette démarche doit permettre de restreindre les alternatives possibles **afin de tracer les contours d'un réseau-cible.**

### A. Méthode retenue pour définir des tracés

DECLINER FINEMENT LES GRANDS AXES DE LA POLITIQUE METROPOLITAINE DE MOBILITE

INTEGRER LES DIFFICULTES ACTUELLES ET LES PROJECTIONS EN 2030 DE LA METROPOLE  
(CF. PARTIE II)

DESSERVIR PRIORITAIREMENT DES SITES-CLES DU TERRITOIRE METROPOLITAIN,  
GENERATEURS DE DEPLACEMENTS

LA GARE SAINT-JEAN / LE CHU / LE CAMPUS UNIVERSITAIRE DE PESSAC-TALENCE / LA CITE ADMINISTRATIVE (NON DESSERVIE  
PAR UNE OFFRE DE TC LOURDE) / LE PARC DES EXPOSITIONS - STADE MATMUT-ATLANTIQUE / L'ARENA / LA CITE DU VIN /  
L'HYPER-CENTRE MERIADECK / QUINCONCES

IDENTIFIER DES CORRIDORS QUI REPONDENT AU MIEUX A CES ATTENTES

DEFINIR DES LIGNES A PARTIR DE CES CORRIDORS

ETABLIR DES SCENARIOS A PARTIR DE CES LIGNES

<b>Axes de la politique métropolitaine de mobilité<sup>57</sup></b>	<b>Déclinaison de ces axes en principe à retenir pour élaborer nos tracés de lignes</b>
Etre cohérent avec la politique d'urbanisation	Desservir les quartiers prioritaires / en développement (OIN Bordeaux Euratlantique, OIM, ZAC, quartiers politique de la ville...)
Poursuivre la dynamique de l'intermodalité (train, tram, bus, voiture, vélo, marche à pied)	Relier l'offre TER et le réseau de transports en commun urbain avec des pôles d'échange (Cenon, Saint-Jean, Pessac-Alouette, Médoquine (Talence)). Construire de nouveaux parc relais.
Apaiser le trafic automobile, avec notamment la création de pôles d'échanges structurants supplémentaires à créer en amont de ceux du centre-ville afin de contribuer à la désaturation du réseau	Atteindre la rocade : il nous est apparu pertinent d'offrir l'accès aux lignes de métro à proximité de la rocade en prévoyant des parkings-relais pour décongestionner la rocade / les boulevards, ce qui revient à proposer des points d'échanges sans être obligés de passer par l'hyper-centre.
Investir les boulevards <sup>58</sup>	Proposer un transport en commun en site propre souterrain.
Décongestionner le tramway saturé	Favoriser les connexions avec l'offre de transports en commun structurante existante. Proposer des liaisons plus directes.
Incarner le projet métropolitain comme vecteur d'unité et de lien entre les communes.	Desservir Bordeaux et les communes métropolitaines en fonction de l'offre en transports en commun lourds existante (cf. critiques du projet historique). Relier les 2 rives. Desservir des lieux-clés (identifiés précédemment).
Proposer un maillage du réseau	Développer des lignes circulaires pour renforcer le maillage du réseau (cf. organisation en étoile des lignes de tramway et de BHNS). Favoriser les connexions avec l'offre en transports en commun structurante existante.

<sup>57</sup> Cf. notamment SDODM.

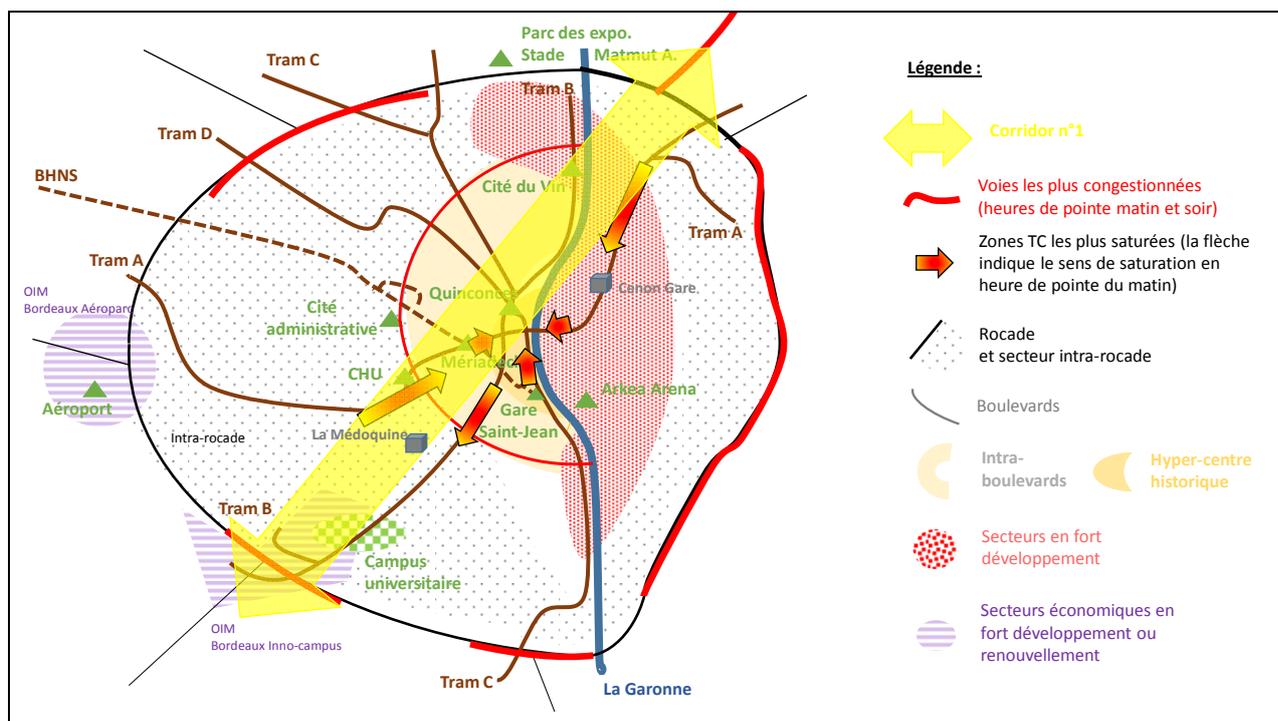
<sup>58</sup> Cf. notamment Etude Les boulevards 2025-2044 : le nouvel espace public métropolitain, A'urba, septembre 2016.

## B. Identification de 4 corridors

Ces différentes considérations nous permettent d'établir 4 corridors prioritaires :

- 2 corridors principaux : le premier (corridor jaune) relie les bassins d'emploi de l'Ouest aux nouveaux quartiers de l'Est qui sont peu desservis en transports en commun lourds, tandis que le second (corridor bleu), a plutôt vocation à mailler le réseau existant en partant de la rive droite, en passant par la gare puis les boulevards jusqu'au nord du territoire.
- 2 autres corridors à fort potentiel, qui relient les 2 rives au nord et au sud du centre de la métropole : le premier suit les boulevards, tandis que le second a une forme similaire de croissant mais sur la rive droite.

### Corridor 1 (jaune) : la diagonale Est- Ouest



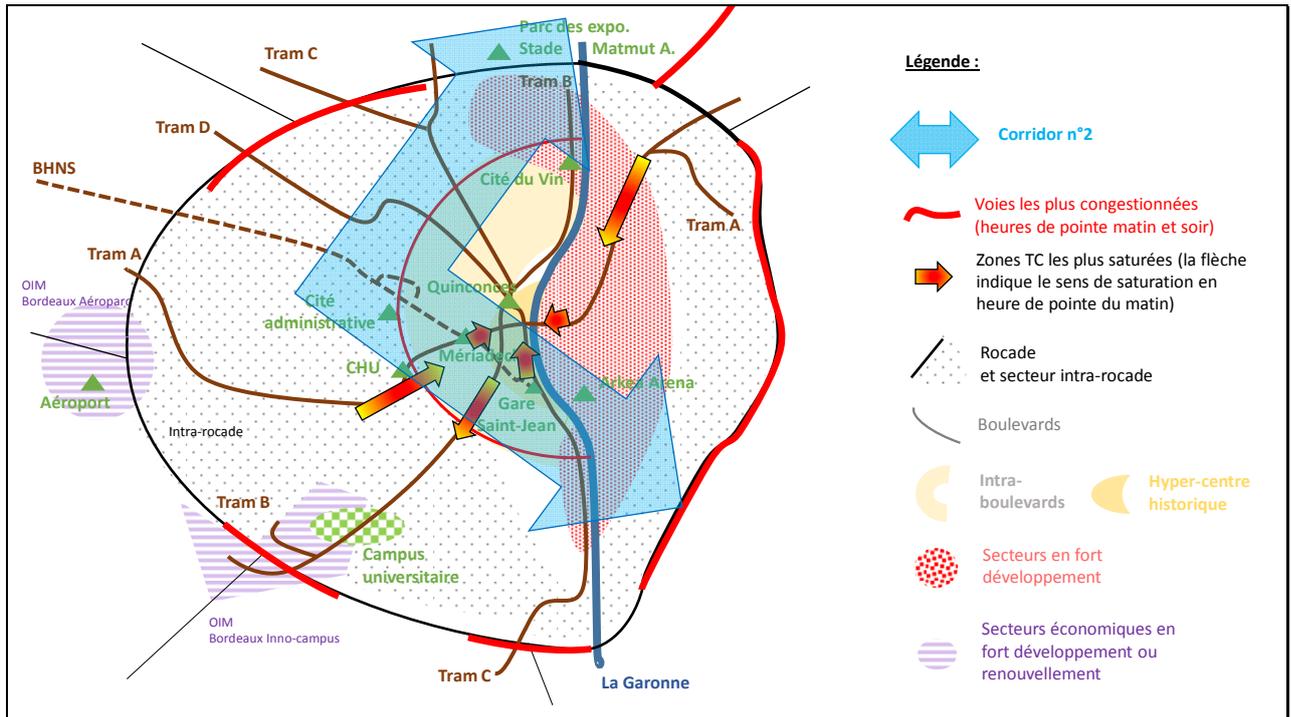
#### Points forts :

Relier les zones à forte vocation résidentielle de l'extra-rocade et des quartiers de transition entre la rocade et les boulevards, aux multiples pôles d'attractivité de l'hypercentre de Bordeaux, en cohérence avec les migrations domicile-travail majoritairement orientées vers Bordeaux.

#### Points faibles :

Maillage partiel, ligne radiale. Superposition du tracé avec certains tronçons déjà dotés d'un tram.

Corridor 2 (bleu) : le croissant Ouest



**Points forts :**

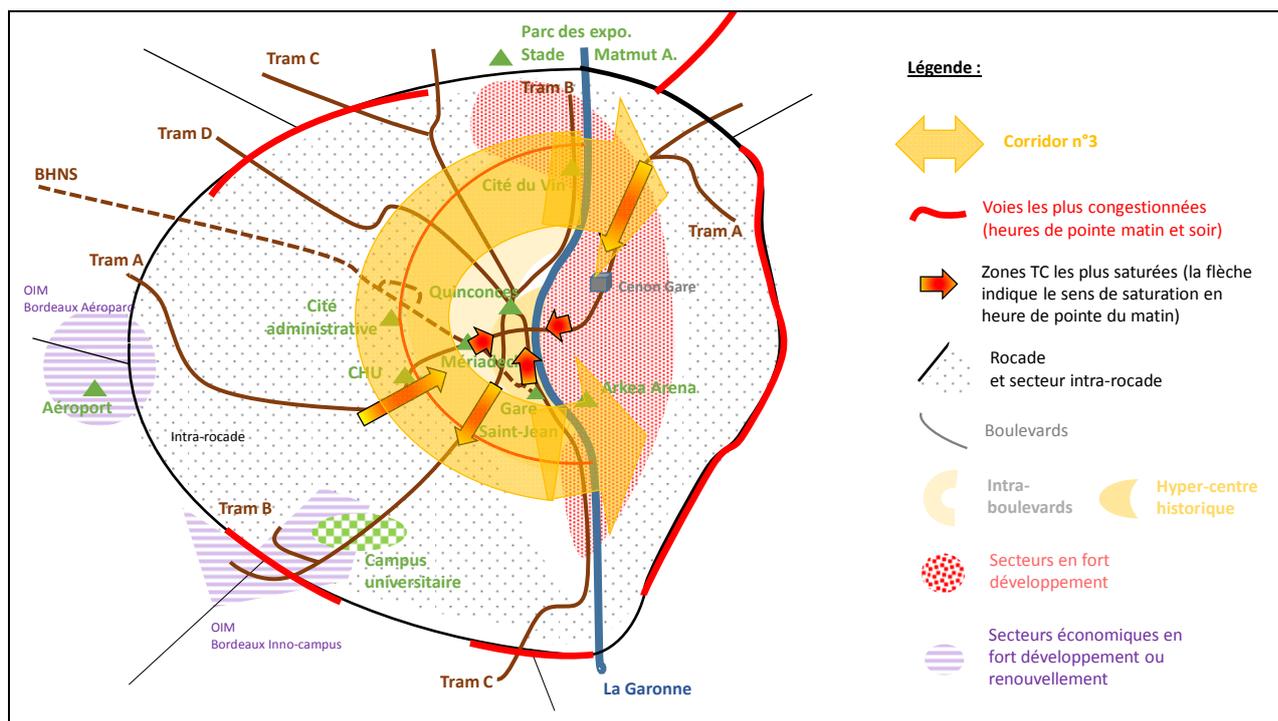
Mailler le réseau.  
 Investir (une partie) des boulevards.  
 Relier la Victoire à la Gare Saint-Jean<sup>59</sup>.

**Points faibles :**

Peu de desserte intra-rocade.

<sup>59</sup> Il s'agit d'une des priorités identifiées dans le bilan « Une décennie de développement des transports publics – bilan et perspectives » de mars 2014.

Corridor 3 (orange) : les boulevards



<p><b>Points forts :</b> Proposer un maillage circulaire. Investir les boulevards (cf. encart ci-après).</p>	<p><b>Points faibles :</b> Se limiter à un tracé très central.</p>
--	--

**Les boulevards : un enjeu fort pour l'exécutif<sup>60</sup>**

*Chiffres-clés :*

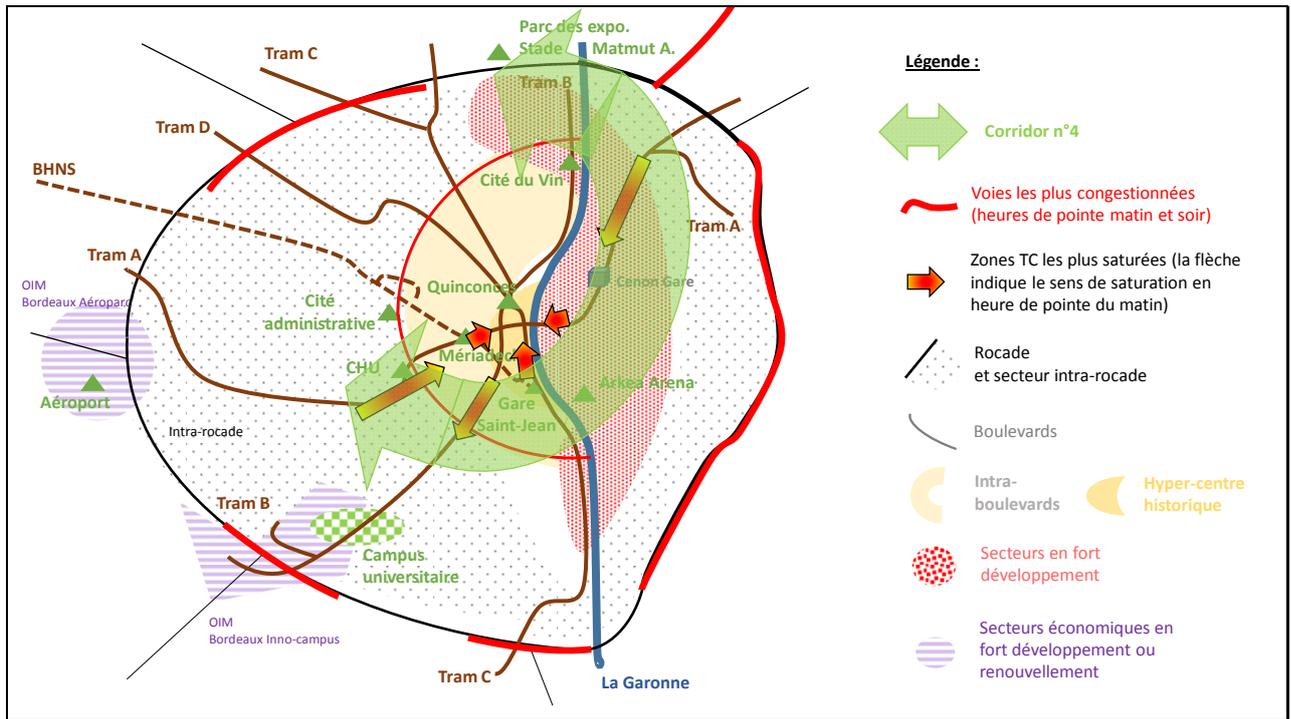
- 12 à 13 km de long.
- 30 000 véhicules soit 20 % des véhicules bordelais y circulent tous les jours.
- 10 barrières (carrefours lieux de vie, commerces...) avec voies pénétrantes.
- 80 000 habitants sur un faisceau de 500 mètres de part et d'autre de l'avenue (11% de la population métropolitaine, 1/3 des bordelais).
- 50 000 emplois (13% emplois métropole et 29% emplois bordelais).
- Equipements métropolitains (CHU, cité administrative, stade Chaban...).
- Grands projets urbains : bassins à flot au nord et Euratlantique au sud.

*Enjeux principaux :*

- Articulation à trouver entre politiques de mobilités et conception des espaces publics.
- Développer un réseau de transport collectif à haut niveau de service.
- Poursuivre la reconquête des espaces publics (après le centre ancien, les quais, le long des lignes de tram...).
- Créer un nouvel espace de centralité pour l'agglomération.
- Apaiser le trafic et intensifier la pratique piétonne.

<sup>60</sup> Source : étude Les boulevards 2025-2044 : le nouvel espace public métropolitain, A'urba, septembre 2016.

Corridor 4 (vert) : le croissant Est



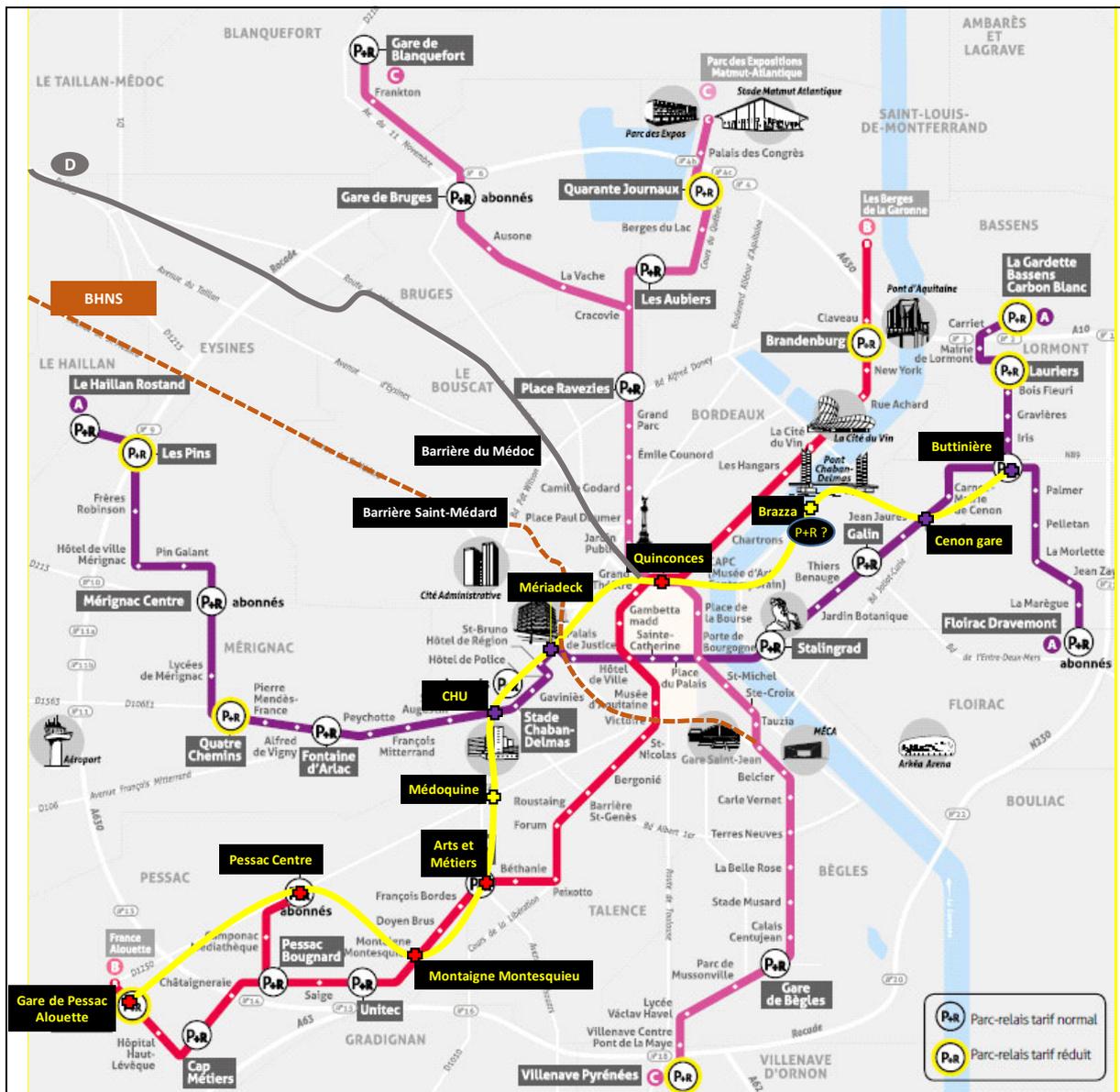
<p><b>Points forts :</b> Relier les 2 rives. Cohérence avec l'urbanisation rive droite.</p>	<p><b>Points faibles :</b> Tracé très central.</p>
---	--

De ces corridors, 4 tracés de lignes peuvent être proposés en affinant les fuseaux.

## C. Détermination de 4 tracés de lignes

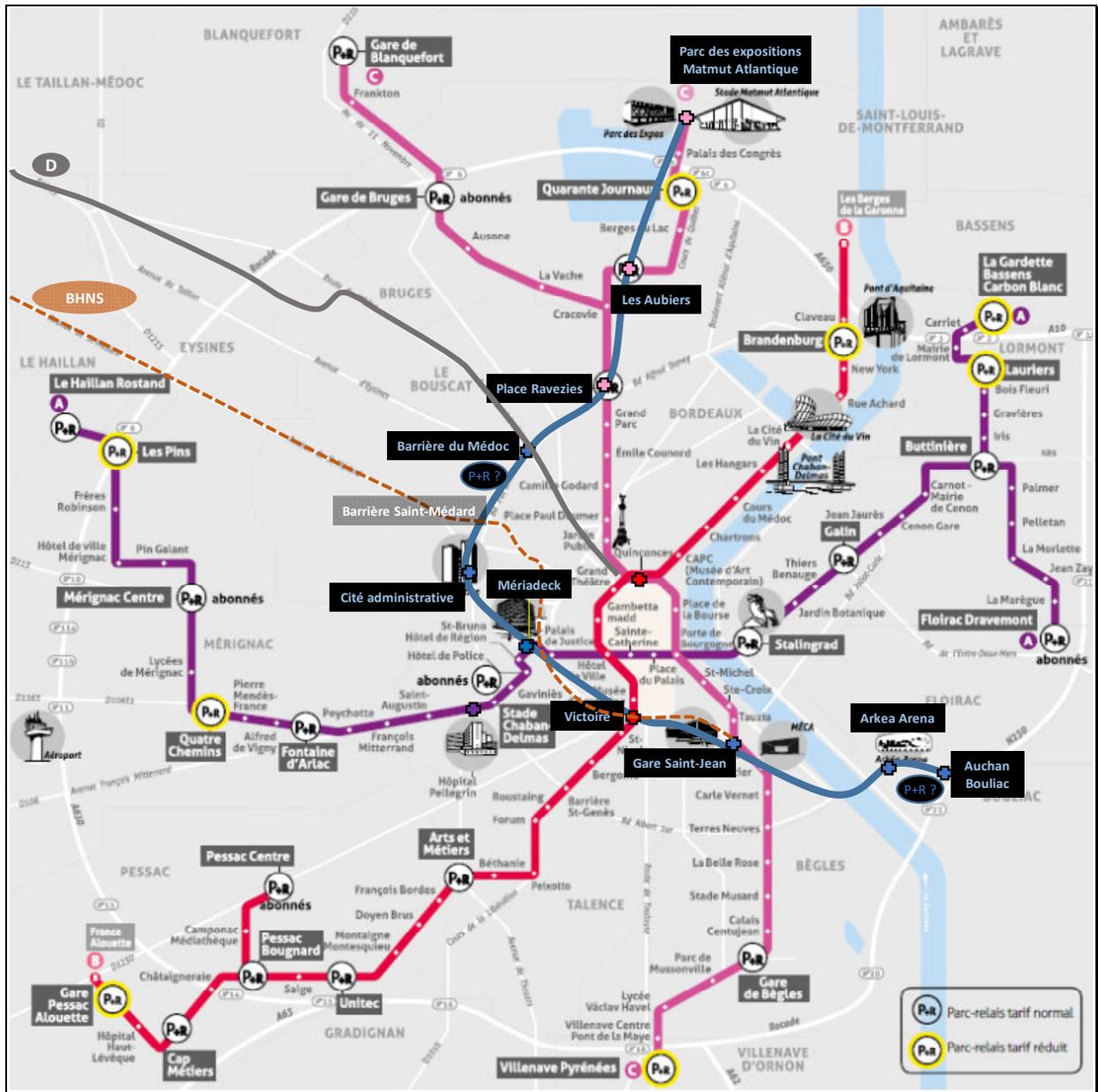
Il découle de la méthode décrite au A. l'identification de quatre lignes, dotées de points communs : une longueur de 15 km chacune environ, avec de grandes interstations pour tenir compte de l'offre dense existante dans l'hypercentre et optimiser la vitesse offerte par un mode de type métro (vitesse commerciale attractive).

**Ligne jaune M1 : 11 stations – 16,5 km** : tracé et caractéristiques (tableau page suivante)



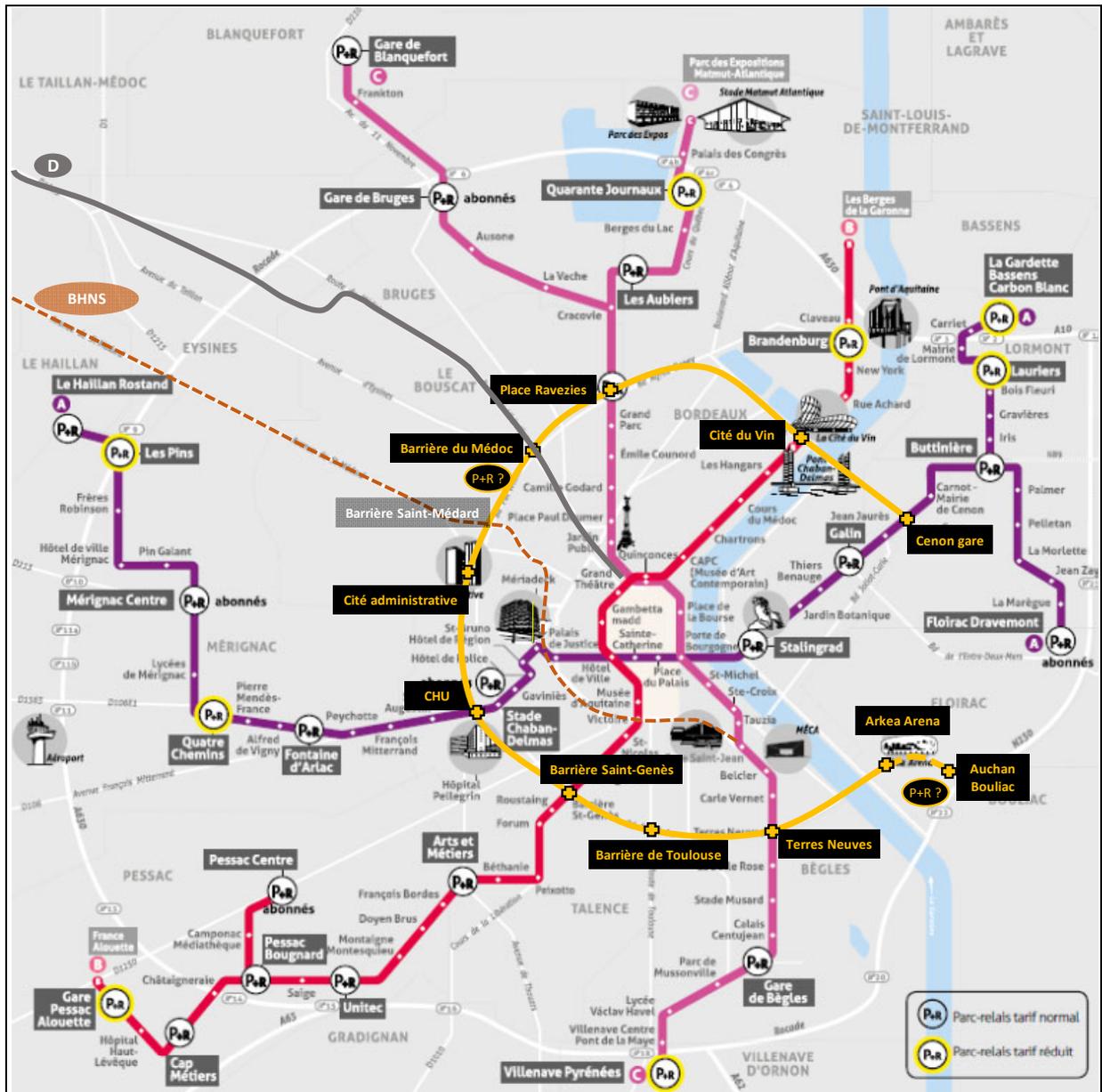
Stations	Correspondances existantes	Correspondances à venir (cf. SDODM)	Distance inter-stations en km (modèle)	durée entre stations en minutes	P+R à créer	Justification choix des stations
Pessac Alouette	Bus 36 et 44 TER, P+R et V+	Ligne extra-rocade à haut niveau de service	2,5	3,7	existe déjà	Position extra-rocade avec P+R et liaison TER Opération Carrefour Alouette (La Fab - 50 000 logements)
Pessac Centre	Bus 4, 23, 24, 35, 42, 44, 87 TER, P+R abonnés, car, V+ et autopartage		1,5	2,3	existe déjà	ZAC Pessac centre-ville (dont construction de logements) et éco-quartier du Pontet
Montaigne Montesquieu	Bus 35 et 10 V	Ligne Bassens-Campus	1,6	2,4		Zone universitaire
Arts et Métiers	V et P+R	TCHNS CHU - Malartic	1,3	2,0	existe déjà	OIM Bordeaux inno campus
Médoquine (variante : forum)	V Bus 8 et 4 à proximité	TER TCHNS CHU - Malartic	1,5	2,3		Future liaison TER
Hôpital Pellegrin	TA Bus 8, 11 et 41 V	TCHNS CHU - Malartic M3 (sc 3) / M4 (sc 4 > pour campus Carreire)	2,0	2,9		Pôle de santé d'envergure régionale
Mériadeck	TA	BHNS St-Aubin Ligne M2 (sc 2)	1,2	1,7		Pôle central (commerces, emplois, services...)
Quinconces	TB, TC Bus 2, 3, 6 26, 29, 47 V, car, autopartag, bat3	TD	2,3	3,5		Pôle d'échange multimodal majeur de la métropole
Quai de brazza	Bus 45, 91 et 92	Liaison pont à pont ?	1,3	1,9	création à envisager	Plusieurs milliers de logements attendus dans le quartier Braza, à proximité de la ZAC Bastide Niel
Canon gare	TA bus 27, 32, 40 TER, V+ et autopartage	Ligne Bassens-Campus M3 (sc 3) / M4 (sc 4)	1,3	1,9	création à envisager	Liaison TER ZAC Canon Pont Rouge (création de logements et activités commerciales)
Lormont Buttinrière	TA Bus 27, 32, 40, 64, 67, 93 V+, P+R, car		-		existe déjà	La Buttinrière : futur pôle d'innovation sociale et de coopération économique
<b>Totaux</b>			<b>16,5</b>	<b>25</b>		

Ligne bleue M2 : 10 stations - 14 km : tracé et caractéristiques (tableau page suivante)



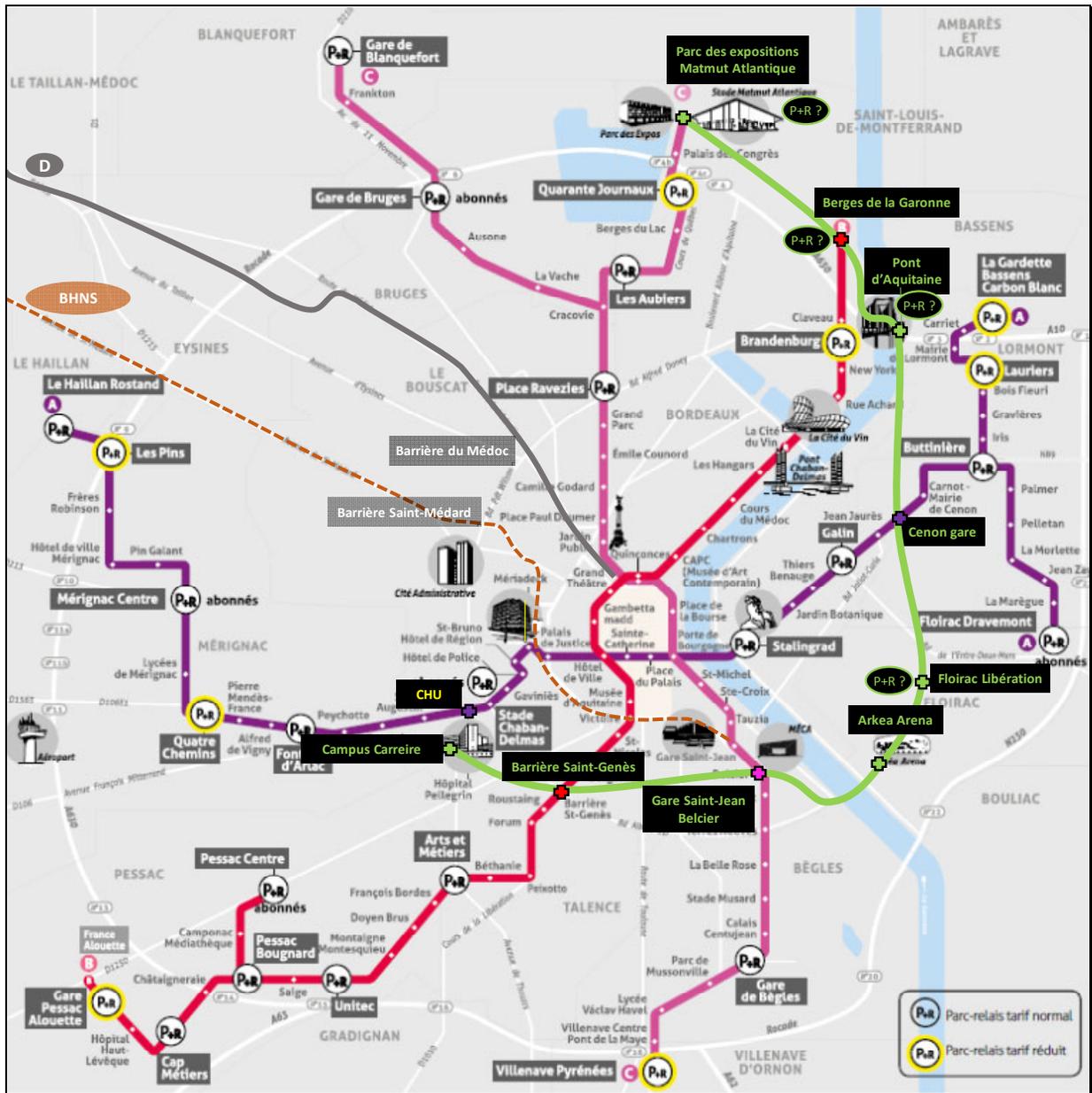
Stations	Correspondances existantes	Correspondances à venir (cf. SDODM)	Distance inter-stations en km (modèle)	durée entre stations en minutes	P+R à créer	Justification choix tracé
Bouliac (Auchan)	Bus 10, 32 et 45		1,35	2,0	oui	Bordeaux-Euratlantique (OIN)  Arena : infrastructure majeure ZAC des quais à Floirac  Pôle d'échange majeur
Arkéa Arena	Bus 10, 28 et 45 V	Liaison pont à pont	1,9	2,9		
Gare Saint-Jean	TC bus 1, 9, 10 et 11 V, TER, car, autopartage et parc vélo	BHNS St-Aubin Ligne Bassens-Campus	1,4	2,1		
Victoire	TB Bus 1, 5, 11, 15, 20, 47	BHNS St-Aubin	1,5	2,3		Université, commerces, services... Proximité OIN
Mériadeck	TA	Ligne M1 BHNS St-Aubin	1,2	1,7		Pôle central (commerces, emplois, services...)
Cité administrative	Bus 9, 16 et V		1,5	2,3		Pôle d'emplois
Barrière du Médoc	Bus 5, 6, 9, 29 V	TD	2,0	2,9	P+R TD prévus ? (Parcub de 132 places existe déjà)	
Ravezies	TC Bus 7, 9, 32, 45 et 46 V, P+R, car et autopartage		1,0	1,5	<i>existe déjà</i>	Pôle d'emplois + opération multisites Ravezies avec clinique Bordeaux Nord et proximité Grand Parc
Les Aubiers	TC Bus 7, 33 et 35 V et P+R		2,2	3,3	<i>existe déjà</i>	Quartier politique de la ville À proximité de la ZAC Berge du Lac / Ginko (2 700 logements dont 900 sociaux + commerces, services, bureaux...)
Parc des expositions Stade Matmut-A.	TC Bus 25, 37, 73		-		Utilité d'un P+R ? parkings déjà existants ?	Infrastructure majeure
<b>Totaux</b>			<b>14,0</b>	<b>20,9</b>		

**Ligne orange M3 : 10 stations – 16 km :** tracé et caractéristiques (tableau page suivante)



Stations	Correspondances existantes	Correspondances à venir (cf. SDODM)	Distance inter-stations en km (modèle)	durée entre stations en minutes	P+R à créer	Justification choix tracé
Arkéa Arena	Bus 10, 28 et 45 V	Liaison pont à pont	1,8	2,7	à voir (notamment selon prolongement Auchan Bouliac)	Infrastructure majeure ZAC des quais à Floirac
Terres Neuves	TC Bus 11, 26 et V+	Liaison pont à pont	1,9	2,8		Quartier politique de la ville
Barrière de Toulouse	Bus 5, 9, 10, 20, 26, 43 V	Liaison Bassens-Campus	1,1	1,7		
Barrière St-Genes	TB Bus 9 et 26 V		2	3,0		
Hôpital Pellegrin	TA Bus 8, 11 et 41 V	Ligne M1 TCHNS CHU - Malartic	1,4	2,0		Pôle de santé d'envergure régionale
Cité administrative	Bus 9, 16 et V		1,5	2,3		Pôle d'emplois
Barrière du Médoc	Bus 5, 6, 9, 29 V	TD	2	3,0	P+R tram D prévus ?	
Ravezies	TC Bus 7, 9, 32, 45 et 46 V, P+R, car et autopartage		2,1	3,2	existe déjà	Pôle d'emplois + opération multisitites Ravezies avec clinique Bordeaux Nord et proximité Grand Parc
Cité du vin	TB Bus 7, 32 et 45 V	Liaison pont à pont	2	3,0		Cité du Vin = infrastructure majeure + Site des bassins à flot avec de nouveaux logements (dont 1373 logements sociaux) et 250 000 m <sup>2</sup> de SHON pour le développement économique
Cenon Gare	TA bus 27, 32, 40 TER, V+ et autopartage	Ligne M1 Ligne Bassens-Campus	-			Liaison TER ZAC Cenon Pont Rouge (création de logements et activités commerciales)
<b>Totaux</b>			<b>15,7</b>	<b>24</b>		

Ligne verte M4 : 9 stations – 16 km : tracé et caractéristiques (tableau page suivante)



Stations	Correspondances existantes	Correspondances à venir (cf. SODM)	Distance inter-stations en km (modèle)	durée entre stations en minutes	P+R à créer	Justification choix tracé
Campus Carreire	Bus 24 et 41	Ligne M1 (Pellegrin) TCHNS CHU - Malartic	1,9	2,8		Université proximité pôle de Pellegrin
Barrière Saint-Genès	TB Bus 9 et 26 V		2,2	3,3		
Gare Saint-Jean Belcier	TC bus 1, 9, 10 et 11 V, TER, car, autopartage et parc vélo	BHNS St-Aubin Ligne Bassens-Campus	2,0	3,0		Pôle d'échange majeur ZAC Saint-Jean Belcier
Arkéa Arena	Bus 10, 28 et 45 V	Liaison pont à pont	1,7	2,5	P+R ?	Infrastructure majeure ZAC des quais à Floirac
Floirac Libération (avenue de la Libération - Lidl)	Bus 10		2,0	2,9	P+R ?	Quartier politique de la ville - NPNRU
Cenon Gare	TA bus 27, 32, 40 TER, V+ et autopartage	Ligne M1 Ligne Bassens-Campus	2,5	3,8		Liaison TER ZAC Cenon Pont Rouge (création de logements et activités commerciales)
Pont d'Aquitaine Quai Chaigneau Bichon	Bus 7, 32, 40, 91, 92	Ligne Bassens-Campus	1,4	2,0	P+R ?	Lormont ZAC quai Chaigneau Bichon Proximité quartier politique de la ville de Carriet
Berges de la Garonne	TB Bus 76 et V+		2,2	3,2	P+R ?	Proximité quartier Bacalan
Parc des expositions Stade Matmut-A.	TC Bus 25, 37, 73		-		Utilité d'un P+R ? parkings déjà existants ?	Infrastructure majeure
<b>Totaux</b>			<b>15,7</b>	<b>23</b>		

Tableau de synthèse points forts / points faibles de chaque ligne par rapport aux objectifs fixés

	<b>Ligne M1 (jaune) Transversale Est- Ouest</b>	<b>Ligne M2 (bleue) Croissant Ouest</b>	<b>Ligne M3 (orange) Ligne des boulevards</b>	<b>Ligne M4 (verte) Croissant Est</b>
<b>Réponse aux grands enjeux retenus (top 3)</b>	1. Incarner le lien entre les communes 2. Décongestionner tramway saturé 3. Etre cohérent avec la politique d'urbanisation	1. Etre cohérent avec ambition d'attractivité de la métropole, notamment démographique 2. Investir les boulevards 3. Etre cohérent avec la politique d'urbanisation	1. Investir les boulevards 2. Apaiser le trafic automobile 3. Poursuivre dynamique de l'intermodalité	1. Incarner le lien entre les communes 2. Etre cohérent avec ambition d'attractivité de la métropole, notamment démographique 3. Etre cohérent avec la politique d'urbanisation
<b>Lieux clés</b>	CHU Campus universitaire de Pessac-Talence Mériadeck et Quinconces	Gare Saint-Jean Arkea Arena Meriadeck Cité administrative Parc des expositions-stade	Arkea Arena CHU Cité administrative Cité du Vin	Gare Saint-Jean Arkea Arena Parc des expositions-stade
<b>Développer des lignes circulaires pour mailler le territoire</b>	Non	Oui Emprunte les boulevards et les suit en parallèle entre cité administrative et l'Arkea Arena	Oui +++ Ligne des boulevards	Oui
<b>Favoriser les connexions avec l'offre TC structurante existante</b>	TA (2 interconnexions), TB (2 interconnexions), TC (1 interconnexion), TD BHNS	TA, TB, TC (2 interconnexions), TD, BHNS	TA (2 interconnexions) TB (2 interconnexions) TC (2 interconnexions) TD	TA (2 interconnexions en comptant CHU) TB (2 interconnexions) TC (2 interconnexions) BHNS
<b>Relier les 2 rives</b>	Oui	Oui	Oui +++ (2 traversées)	Oui +++ (2 traversées)
<b>Atteindre la rocade</b>	Pessac-Alouette Et à proximité avec Buttinière à Lormont	Parc des expositions-stade Et Auchan-Bouliac	Uniquement si prolongement à Auchan Bouliac	Pont d'Aquitaine Parc des expositions-stade + proximité Bouliac
<b>Etre connecté aux gares TER</b>	Pessac-Alouette, Médoquine et Cenon-gare	Uniquement gare Saint-Jean	Cenon-gare	Gare Saint-Jean Cenon gare
<b>Desservir quartiers prioritaires / en développement / OIN, OIM et ZAC :</b>	Brazza Opération Carrefour Alouette, ZAC Pessac-Centre, OIM Bordeaux inno campus ZAC Cenon Pont Rouge	OIN Bordeaux Euratlantique, ZAC des quais à Floirac, Les Aubiers (quartier politique de la ville et NPNRU2...) Ravezies (politique de la ville)	ZAC des quais à Floirac (OIN ?) Quartier Terres-Neuves (politique de la ville) Ravezies (politique de la ville)	OIN Bordeaux Euratlantique ZAC Saint-Jean-Belcier ZAC des quais à Floirac Floirac Libération NPNRU politique de la ville ZAC Cenon Pont Rouge Lormont ZAC quai Chaigneau Bichon
<b>Bordeaux et communes métropolitaines</b>	Pessac, Talence, Cenon et Lormont	Bouliac, Floirac, Le Bouscat en limite (barrière du Médoc)	Floirac Bègles Cenon Talence et Le Bouscat en limite	Lormont Cenon Floirac Talence en limite

## D. Elaboration des scénarios qui en découlent

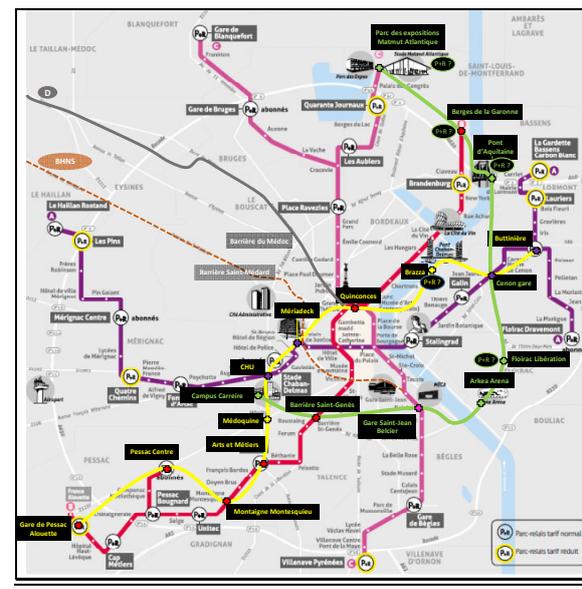
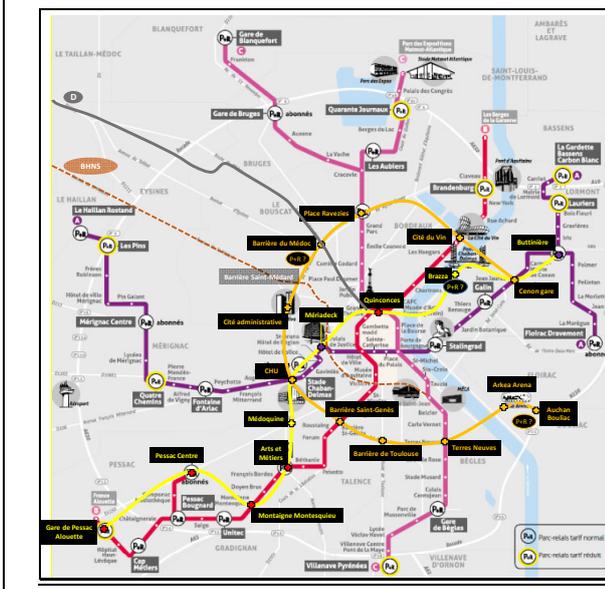
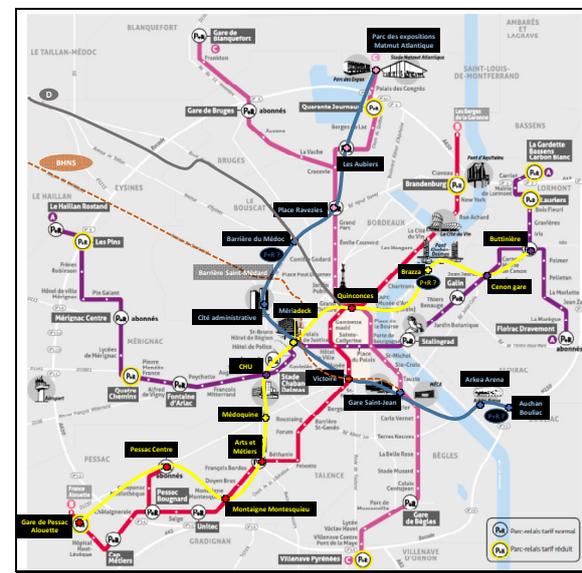
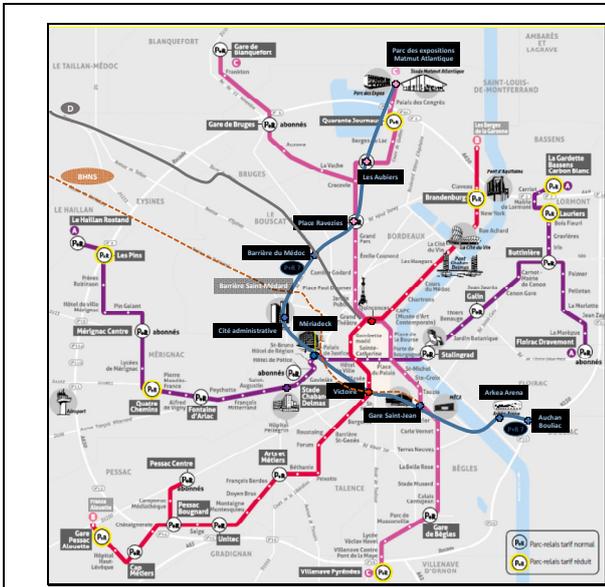
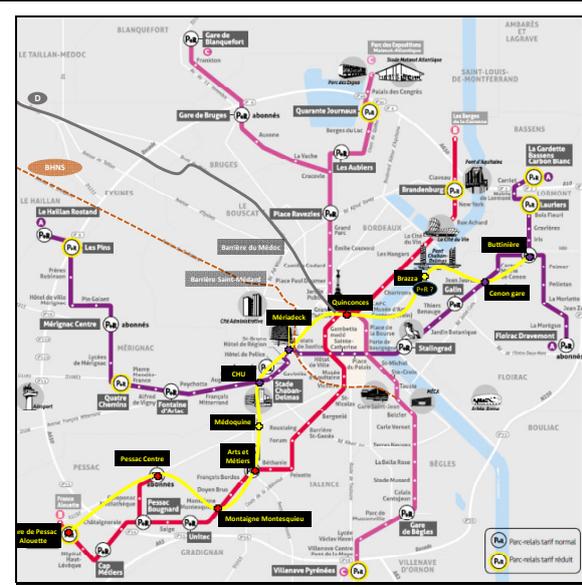
A partir des 4 lignes proposées, 5 scénarios ont été retenus et approfondis.

- 2 scénarios composés d'une seule ligne : ligne M1 et ligne M2,
- 3 scénarios composés de 2 lignes : ces scénarios amplifient l'effet « maillage » en associant la ligne jaune diagonale avec successivement chacune des 3 autres lignes au profil semi-circulaire (M1 + M2, M1 + M3 et M1 + M4).

Quelques détails par scénario :

	Nombre de lignes	Nombre de stations de métro	Longueur totale de lignes de métro
<b>Scénario 1</b>	1 ligne M1	11	16,5 km
<b>Scénario 2</b>	1 ligne M2	10	14 km
<b>Scénario 3</b>	2 lignes M1 + M2	20	30,5 km
<b>Scénario 4</b>	2 lignes M1 + M3	19	32 km
<b>Scénario 5</b>	2 lignes M1 + M4	18	32 km

*Les plans des 5 scenarios :*



## V. MODELISATION DES SCENARIOS

### A. Présentation du modèle de Bordeaux Métropole<sup>61</sup>

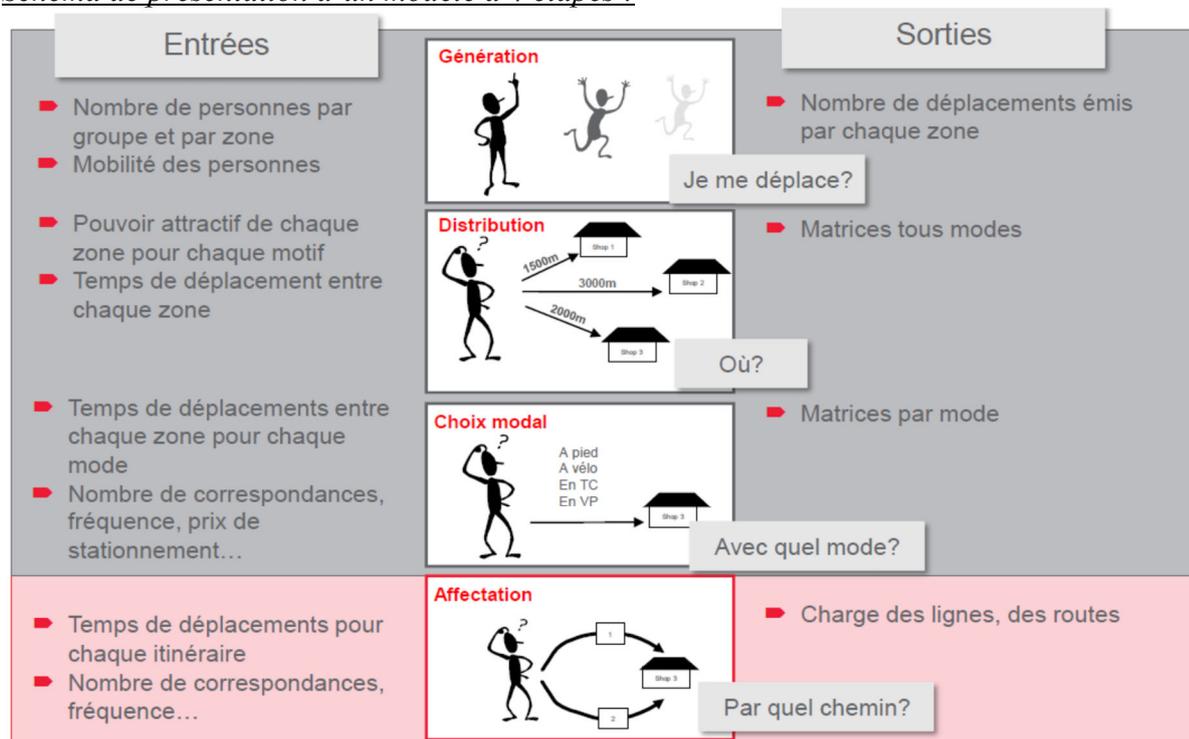
Les prévisions de trafic ont été réalisées avec le **modèle multimodal multipartenarial (MMM) des déplacements sur le Territoire de la Gironde** partagé entre l’Etat, la Région, le Département et la Métropole. La Métropole, en tant que principal financeur, est coordonnateur des acteurs pour le modèle.

Ce modèle repose sur une **méthodologie à quatre étapes** : génération, distribution, choix modal et affectation des trafics sur les réseaux routier et ferroviaire girondins. Il prend en compte les modes piétons, vélos, transports en commun, voiture particulière (conducteur ou passager) et poids lourds.

#### Un modèle des déplacements à 4 étapes : c’est quoi ?

- un outil permettant d’effectuer des modélisations statiques c’est-à-dire de quantifier l’offre de déplacements en transports individuels (TI) et transports collectifs (TC) selon différents projets routiers, de transports, urbains et d’en mesurer l’impact. Elles sont réalisées, si besoin, en amont de modélisations dynamiques qui permettent de vérifier le fonctionnement de l’offre routière.
- un modèle d’offre : c’est-à-dire la description des réseaux TI et TC actuels et prospectifs sur le territoire.
- un modèle de demande comprenant la procédure de calcul de la demande des déplacements.
- un modèle d’affectation qui répartit les déplacements sur les différents réseaux (nombre de véhicules sur les routes, charge des lignes de transports en commun).

#### Schéma de présentation d’un modèle à 4 étapes :



<sup>61</sup> Précisions techniques sur le modèle en annexe.

## 1. Les principes de la modélisation

Un modèle à 4 étapes est un outil quantitatif permettant de tester l'impact de projets de transport en tenant compte de l'évolution socio-économique à venir du territoire.

La population est répartie sur l'ensemble du département selon un découpage zonal défini à partir du recensement INSEE pour l'horizon de construction du modèle (2013) et à partir des projections de population (PLU pour Bordeaux Métropole et données INSEE) pour l'horizon future (2020 et 2030).

L'évolution de la répartition modale et de la répartition des itinéraires sur les différents horizons est le résultat de l'algorithme de calcul du modèle statique de déplacements.

Pour chaque zone sont définis des coefficients d'attractivité en fonction des caractéristiques socio-économiques (emplois, écoles, commerces etc.). Ces dernières évoluent en fonction du PLU et des programmes des zones d'aménagements. Pour une offre d'infrastructures et de services donnée, le modèle calcule pour chaque segment de la demande différentes chaînes de déplacement (par exemple, domicile – travail – domicile). Pour le choix modal, l'utilité de chaque itinéraire est qualifiée d'un temps généralisé calculé en estimant les temps réels de chaque maillon du déplacement.

## 2. Les sources utilisées pour la modélisation<sup>62</sup>

Le modèle intègre les comportements de mobilité enseignés par les trois grandes enquêtes sur les déplacements réalisées en 2009 :

- l'Enquête Ménages Déplacements (EMD 2009, méthode standard Certu) auprès des habitants des 96 communes de l'aire métropolitaine bordelaise ;
- l'Enquête Déplacements Grand Territoire (EDGT 2009, méthode standard Certu) auprès des résidents des 446 autres communes du département ;
- l'enquête routière cordon de Bordeaux.

Le modèle est actualisé par les informations les plus récentes disponibles de connaissance de la mobilité.

---

<sup>62</sup> cf. guide du MODELE MULTIMODAL MULTIPARTENARIAL DE DÉPLACEMENTS - LES SCÉNARIOS PROSPECTIFS

### 3. Hypothèses intrinsèques du modèle<sup>63</sup>

A partir de la situation actuelle connue au travers des données de population<sup>64</sup> et d'attractivité du territoire<sup>65</sup>, les situations prospectives sont établies en tenant compte de tous les projets urbains validés.

Sur la Métropole, les projections de population sont les suivantes :

- 2013 : 737 352 personnes
- 2030 : 856 170 personnes soit +0,9% par an (sensiblement inférieur en conséquence à l'ambition politique d'une métropole millionnaire).

Avec :

<p><b>à moyen terme :</b>                  98 projets urbains soit                  + 55 375 hab. / + 28 900 logements / + 26 964                  emplois</p>	<p><b>à long terme :</b>                  37 projets urbains soit                  + 33 477 hab. / +16 288 logements / + 27 407                  emplois</p>
--	--

### B. Définition d'hypothèses pour modéliser nos scénarios

Les tracés, stations et scénarios ont été présentés précédemment. Ils seront comparés au scénario « fil de l'eau » (mise en œuvre du SDODM notamment, sans métro).

Les autres hypothèses intégrées au modèle sont les suivantes :

**Vitesse commerciale** (temps d'arrêt aux stations inclus) : 40 km/h<sup>66</sup>.

**Temps moyen d'arrêt aux stations** : 40 secondes.

**Horaires de départ et de fin des services et fréquence de la ligne à chaque période :**

Période horaire <sup>67</sup>	5h30-6h30	6h30-9h00 (PPM <sup>68</sup> )	9h00-16h30	16h30-19h00 (PPS)	19h00-20h00	20h00-1h30
<b>Fréquence</b>	8 minutes	1 minute 30	3 minutes	1 minute 30	4 minutes	8 minutes

**Création de parkings-relais (P+R) :**

<sup>63</sup> Des précisions en annexe, notamment concernant la gare Saint-Jean.

<sup>64</sup> Fichiers infracommunaux de l'INSEE 2011 croisés avec les fichiers Filocom 2013.

<sup>65</sup> Données INSEE, EMD-EDGT 09, A'urba, RGP notamment.

<sup>66</sup> A titre de comparaison, Tisseo a fixé dans le cadre de son marché pour la 3<sup>ème</sup> ligne du métro toulousain un ensemble de critères dont une vitesse commerciale moyenne supérieure à 40 km/h (incluant les arrêts).

<sup>67</sup> Pour le tram, les horaires sont 5h – minuit (1h pour les lignes B et C et 1h50 pour la ligne A le jeudi, vendredi et samedi).

<sup>68</sup> Selon l'EMD de 2009, pour les déplacements en transports collectifs urbains, l'heure de pointe du matin a lieu plus tôt que celles observés en voiture ou à pied. En effet, 22% des déplacements en TCU ont lieu entre 7 heures et 9 heures avec un pic entre 7 heures et 8 heures concentrant à lui seul 13% des déplacements en TCU (soit 35 000 déplacements), et l'heure de pointe du soir a lieu entre 16 heures et 18 heures (21% des déplacements soit 56 000 déplacements) avec un pic entre 17 heures et 18 heures regroupant 11% des déplacements en TCU.

Ligne M1 : à Brazza (500 places).

Ligne M2 : à Bouliac (Auchan) (1000 places).

Ligne M3 : à Bouliac (Auchan) (ou Arkea Arena selon terminus).

Ligne M4 : à Floirac Libération et au nord de la ligne à Pont d'Aquitaine, Berges de la Garonne, et parc des expositions - stade Matmut Atlantique (250 places chacun).

**Modification d'autres lignes de transports en commun** : nous avons fait le choix à ce stade de réaliser une approche macro (hypothèse simplificatrice) en n'agissant le cas échéant que sur les lignes les plus structurantes. En première lecture, on retient la complémentarité des offres entre des lignes de métro dotées de grandes interstations et des lignes « de cabotage » pré-existantes (déplacements longs et rapides vs. une desserte plus fine) y compris pour les quelques tronçons juxtaposés (même de tramway).

Une analyse plus fine serait nécessaire pour réorganiser le réseau de bus dans sa globalité.

Scenario modélisé	Modification d'autres offres de TC
Scen. 1 : ligne M1	RAS
Scen. 2 : ligne M2	RAS
Scen. 3 : lignes M1+ M2	RAS
Scen. 4 : lignes M1 + M3	Ligne 9 supprimée (allait de Brandeburg à Ornano) Liaison Pont à Pont arrêtée à Arkea Arena
Scen. 5 : ligne M1 + M4	RAS

### C. Regard critique sur le modèle et certaines des hypothèses

Plusieurs limites ou biais peuvent être soulevés.

Le premier concerne le **coefficient utilisé par le modèle pour déterminer le choix modal**. Nous n'avons pas été en mesure de créer un nouveau mode dédié au métro, avec un coefficient plus attractif que celui du tram qui aurait traduit l'attractivité de ce mode (fréquence, régularité, fiabilité, vitesse commerciale, etc.). Nous avons dû paramétrer notre mode comme un tramway doté d'une vitesse commerciale propre (40 km/h contre 20 km/h pour les « vraies » lignes de tramway). Nous pouvons donc légitimement considérer que les résultats obtenus constituent un plancher (fréquentation, gain de temps, etc.).

*Coefficient par mode (d'attractivité/de pénalité) utilisé pour le choix modal (poids des modes) :*

	Bus	Train	Transgironde	BHNS	Tram	Métro
<b>Coefficient 2009</b>	2,2	1,1	0,8	-	0,8	-
<b>Coefficient 2013<sup>69</sup></b>	<b>2,6</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>1,2</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>

De fortes incertitudes pèsent sur certaines des hypothèses du modèle dont certaines ont un caractère dimensionnant. Il s'agit notamment du comportement des usagers et de la fréquentation car le modèle est appuyé sur des **données anciennes** (l'enquête ménages-déplacements datant de 2009 par exemple, ou encore une modélisation du trafic de la gare Saint-Jean intégrant la mise en service de GPSO<sup>70</sup> avant 2030 ce qui ne semble plus d'actualité). L'importance d'avoir une bonne connaissance de la situation actuelle est d'ailleurs rappelée dans l'ouvrage du CERTU consacré à l'Evaluation des transports en commun en site propre<sup>71</sup> ;

<sup>69</sup> Lors de la détermination du choix modal, plus le coefficient est élevé (au-delà de 1), plus le mode dégrade le temps de parcours, et vice-versa (en deçà de 1).

<sup>70</sup> GPSO : grand projet du Sud-Ouest de ligne à grande vitesse entre Bordeaux et Toulouse et Bordeaux et Dax.

<sup>71</sup> L'Evaluation des transports en commun en site propre : recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP, collection Références du CERTU, mai 2002, page 43.

Il est intéressant de noter que les **hypothèses démographiques** du modèle sont prudentes par rapport au projet métropolitain qui vise le million d'habitants en 2030 alors que le modèle a une projection de « seulement » 856 000 habitants à cet horizon.

**La saisonnalité de certains effets** comme la fréquentation du campus universitaire, ou encore la **gestion de besoins ponctuels** (concerts, match, évènements au parc des expositions, à l'Arkea Area...) ne sont pas pris en compte dans la modélisation et la comparaison des scénarios avec le scénario au fil de l'eau.

Enfin, notons que la **capacité des modes de transport** (nombre de places du tram par exemple) n'est pas prise en compte, ce qui signifie que les périodes de congestion ne sont pas retranscrites de la sorte.

## **D. Résultats de la modélisation pour les 5 scénarios**

Ce modèle permet in fine de réaliser des simulations un jour ouvrable de base (mardi ou jeudi hors vacances scolaires), sur la période de pointe du matin et la période de pointe du soir, à l'horizon 2030 pour chacun des scénarios exposés précédemment.

La comparaison des différents scénarios met en évidence les impacts du projet en termes de fréquentation des transports en commun, d'usage du réseau routier, mais aussi de gains de temps de déplacement sur toutes les origines-destinations impactées en tenant compte du temps de rabattement sur l'arrêt, du temps d'attente, du temps de trajet en véhicules, des éventuels temps de correspondance et du temps de diffusion depuis l'arrêt.

Les résultats du modèle :

Scenarios =>		Ligne M1 jaune	Ligne M2 bleue	Lignes M1 et M2 jaune et bleue	Lignes M1 et M3 jaune et orange	Lignes M1 et M4 jaune et verte
unités						
<b>Fréquentation de la ligne</b>						
<b>Montants par jour sur la ligne (voy/j)</b>						
Jaune	voy/j	92 216		101 590	91 244	92 636
bleue			113 443	122 727		
orange					92 967	
verte						31 376
<b>Fréquentation du réseau TC</b>						
Anciens usagers TC sur le réseau TBM	dépl/j	604 364	604 364	604 364	604 364	604 364
Nouveaux usagers TC par jour dont :		18 202	27 297	43 239	33 401	22 412
Usagers reportés de la VP		12 135	18 198	28 826	22 267	14 941
Usagers induits		6 067	9 099	14 413	11 134	7 471
<b>Gains de temps</b>						
Gains de temps des anciens usagers par jour (h)	h/j	14 653	19 549	31 732	23 980	17 278
Gains de temps des usagers reportés de la VP par jour (h)		6 078	9 178	15 167	13 069	7 609
Gains de temps des usagers induits par jour (h)		3 039	4 589	7 584	6 535	3 805
<b>Distances parcourues</b>						
Véhicules.km parcourus VP	h/j	- 88 503	- 122 274	- 191 687	- 133 712	- 179 379

**Le scénario 2 avec la ligne bleue seule est plus performant** que celui de la ligne jaune seule, avec une plus grande fréquentation de la ligne (113 500 voyageurs par jour contre 92 000), de nouveaux usagers du réseau de transports en commun plus nombreux et des gains de temps plus élevés.

La comparaison des 3 scénarios composés de 2 lignes met en évidence que **le scénario 3 (lignes jaune et bleue) est le plus attractif**, loin devant le scénario 5 (lignes jaune et verte), du point de vue de chaque indicateur chiffré.

Représentation des montées et descentes par station pour le scénario 3

Il est intéressant de noter au-delà de la fréquentation la plus élevée dans les tronçons centraux, une fréquentation significative à l'Est de la ligne jaune (terminus La Buttinière, cercle rouge) et dans une moindre mesure au niveau du campus universitaire à l'ouest (cercle violet).

Comparaison entre les scénarios 2 et 3 de l'impact de la création des lignes de métro sur la fréquentation du réseau de transports en commun :

La création de la ligne bleue a pour effet un report (modélisé en vert sur le schéma ci-contre) des lignes de tramway dans le centre et une augmentation (en rouge) de l'usage du TER et de tronçons de lignes radiales de tramway qui se rabattent ensuite sur la ligne bleue de métro.

Le réseau constitué des lignes jaune et bleue accentue cet effet report dans l'hyper-centre. A noter la décongestion par la ligne jaune ( ) de plusieurs lignes du tramway en particulier en rive droite ou à destination du campus universitaire.

Nous proposons d'approfondir ces réflexions au travers d'une esquisse d'analyse socio-économique de ces scénarios.

## VI. EBAUCHE DE BILAN SOCIO-ECONOMIQUE

---

### A. Méthodologie générale et hypothèses retenues

L'esquisse d'évaluation socio-économique du projet est réalisée à partir de l'instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport qui présente le cadre général d'évaluation des projets de transport ainsi que de la note technique du 27 juin 2014 de la Direction Générale des Infrastructures, des Transports et de la Mer (DGITM - Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) relative à l'évaluation des projets de transport et aux fiches-outils qui lui sont annexées.

L'évaluation socio-économique consiste à calculer un bilan différentiel entre la situation de référence (dans laquelle le projet n'est pas réalisé : c'est la situation « fil de l'eau ») et la situation de projet (où le projet est réalisé).

#### 1. Hypothèses générales

Un bilan socio-économique dresse les coûts et avantages pendant toute la durée de vie d'un projet au-delà de sa mise en service. Par convention, la période d'évaluation prend en compte les trafics et les valeurs unitaires jusqu'en 2070. Au-delà, une valeur résiduelle est prise en compte : elle correspond à l'actualisation sur 70 ans (2070-2140) de l'ensemble des paramètres stabilisés, sauf pour la valeur du carbone<sup>72</sup>. Ainsi, l'horizon d'évaluation est fixé à 2140 avec un horizon intermédiaire en 2070.

Un taux d'actualisation de 4.5% est retenu conformément aux fiches-outils de la circulaire de la DGITM.

---

<sup>72</sup> La fiche-outil Monétarisation et indicateurs socio-économiques indique au § 2 : « Les différents composants de la valeur actualisée nette socio-économique (VAN-SE) sont calculés à un horizon d'évaluation fixé, égal à l'année 2070. [...] Au-delà de 2070 la VAN tient compte de la valeur résiduelle de l'investissement actualisée à la même année *T*. Cette valeur résiduelle actualisée correspond à la somme actualisée, à l'année *T* d'actualisation, des avantages nets procurés par le projet à la collectivité, sur 70 ans, entre 2071 et 2140 ».

De plus, le rapport Évaluation socio-économique des investissements publics du Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP, septembre 2013) précise, au § 1 (Recommandations générales : critères d'évaluation et indicateurs) : « on effectuera les calculs en tenant explicitement compte des évolutions des trafics et des valeurs unitaires jusqu'en 2070. Au-delà, prendre en compte une valeur résiduelle, correspondant à l'actualisation sur 70 ans, soit jusqu'en 2140, des avantages en stabilisant les trafics et les valeurs unitaires, sauf celle du carbone pour laquelle on continuera l'évolution du prix unitaire selon les règles établies, et en prenant en compte les dépenses d'entretien et de renouvellement qui devraient intervenir en raison de la durée de vie technique des ouvrages. »

Le bilan socio-économique repose sur les hypothèses générales suivantes :

- année de mise en service du projet : 2035 ;
- année de référence de la valeur de l'euro : 2017. L'ensemble des coûts sera ramené à la valeur de l'euro en 2017 (€2017) ;
- année d'actualisation : 2034, soit l'année précédant l'année de mise en service du projet.
- coût d'opportunité des fonds publics de 0,2.

## 2. Hypothèses macro-économiques

Selon les hypothèses du Conseil Général au Développement Durable (CGDD) dans son étude prospective de la demande à l'horizon 2030, celles du Centre d'Analyse Stratégique dans son rapport France 2030 et selon les projections de population de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE) au-delà de 2030, le PIB et la population de la région Nouvelle-Aquitaine évoluent de la façon suivante :

Taux de croissance futurs des principales données macro-économiques (scénario de base du CGDD) :

	2015-2030	2030-2040	Au-delà
<b>PIB</b>	2,0%	1,7 %	1,7 %
<b>Population</b>	0,6 %	0,5%	0,4 %

## 3. Hypothèses pour les investissements

Les coûts d'investissement retenus sont issus d'un benchmark réalisé auprès des autres collectivités dotées d'un métro, et en particulier de celles en train de réaliser une nouvelle ligne. Un coût de 90 M€ par km semble constituer une hypothèse moyenne.

Pour le calcul des coûts de renouvellement des réseaux de transports collectifs urbains, est retenue une hypothèse d'exploitation des matériels roulants type métro sur 40 ans (cf. retour d'expérience autres collectivités) avec une rénovation à mi-vie qui coûte environ 50 % du prix initial. Il est également pris en compte des travaux de restauration lourde des stations tous les 40 ans.

#### 4. Hypothèses sur la demande

Le document « Projections de la demande de transport sur le long terme » publié par le Commissariat général au développement durable (CGDD) présente les projections de la demande de transport de voyageurs et de marchandises aux horizons 2030 et 2050. Pour le transport de voyageurs, la mobilité longue distance et courte distance est distinguée. Les taux de croissance annuel moyen des déplacements urbains selon le scénario tendanciel du CGDD sont présentés dans le tableau suivant pour les VP et le TC :

Taux de croissance annuel moyen des déplacements urbains :

	2017-2030	2031-2050
Croissance du trafic VP	0,63%	0,69%
Croissance du trafic TC	1,46%	0,76%

D'après la comparaison entre l'analyse des montées (en incluant la fraude et la non-validation) sur deux mois en 2012 et les chiffres annuels de fréquentation du réseau tram et bus de Bordeaux Métropole, le **ratio année / jour vaut 267**.

#### B. Présentation du bilan par acteur<sup>73</sup>

Le bilan socio-économique est réalisé pour l'ensemble de la collectivité. Dans sa présentation, on regroupe les différents postes en fonction des acteurs concernés. Les transferts entre les acteurs n'apparaissent pas dans le bilan, puisqu'ils représentent un gain pour un acteur et une perte pour un autre acteur. A l'échelle de la collectivité, ces transferts n'ont donc aucun impact.

Certains paramètres ne sont pas monétarisés dans la présente étude. Il n'en demeure pas moins qu'ils pourront être valorisés dans le cadre du bilan. Il s'agit notamment de la décongestion, des gains de confort, de la variation de fiabilité des temps de parcours, des effets sur l'emploi et des gains de temps favorisant l'accès à l'emploi et aux équipements.

A noter également que les valeurs unitaires utilisés dans les calculs sont données dans la fiche-outil « Valeurs de référence » de l'instruction ministérielle.

---

<sup>73</sup> Les détails des hypothèses et calculs sont présentés pour chaque acteur en annexe (exemple du scénario 1).

Détails des hypothèses retenues lors du bilan par acteur :

<u>Acteurs</u>	<u>Thématique</u>	<u>Commentaires</u>
<u>Bilan des usagers</u>	<b>Gains de temps</b> pour tous les usagers (anciens usagers, reportés des autres modes et usagers induits)	Les gains de temps sont établis par le modèle. En milieu urbain (tous modes), la valeur du temps de 8,6 €2017 / heure est à retenir. La valeur du temps est indexée sur le PIB par tête avec une élasticité de 0,7.
	<b>Variation des dépenses de titre de transport supportés par les usagers</b>	Les nouveaux déplacements sont établis par le modèle. La dépense moyenne pour un déplacement est de 0,743 € H.T. (source : Bordeaux Métropole – étude BHNS).
	<b>Economies d’usage des véhicules particuliers (VP) pour les reportés du mode VP</b>	Le nombre de véhicules.km économisés est établi par le modèle pour une journée. Les valeurs unitaires utilisées portent sur le carburant, l’entretien et la dépréciation du véhicule.
<u>Bilan de la puissance publique</u>	<b>Variation des coûts d’entretien</b> liés au report modal VP et à l’économie de bus.km (maintenance de la voirie)	D’après la fiche-outil Coûts d’entretien et d’exploitation, les coûts unitaires sont supposés constants en tendance de moyen-long terme
	<b>Variation des taxes</b> correspondant aux économies d’usage de la VP	Différence entre gain de TVA sur la billettique et perte de TICPE liée aux économies d’usage de la VP
	<b>Variations des recettes de titre de transport</b>	Cf. bilan des usagers, variation des dépenses de titre de transport supportés par les usagers.
	<b>Variations de la subvention versée à l’exploitant</b>	Cf. bilan de l’exploitant.
	<b>Variations de surplus liées à la pollution atmosphérique globale (effet de serre)</b>	Le gain est calculé à partir du nombre de véh.km évités par an. La valeur du carbone est de l’ordre de 56 €2017 par tonne et a une évolution linéaire jusqu’en 2030 (100 € / tonne), puis une croissance égale au taux d’actualisation du bilan (4,5%).
	<b>Variations de surplus liées à la sécurité</b>	Ce surplus est calculé à partir de données de sécurité routière de Bordeaux Métropole et des valeurs de la vie statistique pour les catégories tué (3,3 M€), blessé grave (416 k€) et blessé léger (17 k€).
	<b>Variations de surplus liées aux effets amont</b>	Il s’agit des émissions atmosphériques des procédés amont. Le métro est ici assimilé à un train de passagers électrique avec un valeur de 27 €2017 pour 100 véh.km.

<u>Acteurs</u>	<u>Thématique</u>	<u>Commentaires</u>
<b><u>Bilan des tiers</u></b>	<b>Pollution atmosphérique locale</b>	Valeur unitaire : 4,48 €2017 / 100 véh.km pour un VL. Le nombre de véhicules.km économisés est établi par le modèle pour une journée.
	<b>Pollution sonore</b>	Valeur unitaire : 1,905 €2017 / 1000 véh.km pour un VL. Le nombre de véhicules.km économisés est établi par le modèle pour une journée.
<b><u>Bilan de l'exploitant</u></b>	<b>Variations de coûts d'exploitation</b>	Les véhicules.km sont calculés par le modèle pour un jour. L'offre journalière est ensuite convertie en offre annuelle sur la base du <b>ratio année / jour qui vaut 315</b> d'après le contrat de délégation. La dérive des coûts d'exploitation est supposée égale à 0,5 % par an <sup>74</sup> . Les coûts d'exploitation retenus sont de 10€/km, soit le haut de la fourchette constatée à Toulouse et Lyon (entre 8 et 10 €/km) <sup>75</sup> . Les coûts d'exploitation kilométrique des bus (pour estimation de l'offre supprimée le cas échéant) sont fournis par Bordeaux Métropole.
	<b>Variations de la subvention versée par la puissance publique à l'exploitant pour couvrir les charges</b>	Elle est égale à la différence entre les coûts d'exploitation générés pour le métro et les gains d'exploitation de l'offre bus réduite le cas échéant.

<sup>74</sup> Idem.

<sup>75</sup> Cf. entretiens avec Rodolphe MUNIER Directeur du Développement de Sytral (Lyon) et Alexis Cournet, Chef de projets - matériel roulant et systèmes guidés - métro et tramway à Tisseo Collectivités (Toulouse).

## C. Résultats des études socio-économiques par scénario

Bilan pour la collectivité	Scenario 1 ligne jaune seule	Scenario 2 ligne bleue seule	Scenario 3 lignes jaune et bleue	Scenario 4 lignes jaune et orange	Scenario 5 lignes jaune et verte
<b>Exploitant</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
gain d'exploitation bus				140 789 074	
coût d'exploitation métro	- 882 185 245	- 748 520 814	-1 630 706 059	-1 721 597 873	-1 721 597 873
subvention BM	882 185 245	748 520 814	1 630 706 059	1 580 808 798	1 721 597 873
<b>Usagers</b>	<b>2 263 564 630</b>	<b>3 154 897 056</b>	<b>5 161 223 177</b>	<b>4 114 957 204</b>	<b>2 806 522 441</b>
gain de temps des anciens usagers	1 434 789 615	1 914 195 194	3 107 127 828	2 348 068 994	1 691 823 856
gain de temps des nouveaux usagers	879 117 981	1 327 499 972	2 193 745 050	1 890 291 690	1 100 560 828
économie d'utilisation VP des usagers reportés	95 691 836	132 205 954	207 257 166	144 573 029	193 949 423
dépense billettique des nouveaux usagers	- 146 034 801	- 219 004 064	- 346 906 866	- 267 976 508	- 179 811 667
<b>Tiers</b>	<b>47 175 960</b>	<b>65 177 376</b>	<b>102 177 533</b>	<b>78 128 157</b>	<b>95 616 832</b>
pollution atmosphérique locale	1 923 745	2 657 808	4 166 604	3 185 916	3 899 071
pollution sonore	45 252 214	62 519 567	98 010 929	74 942 240	91 717 761
<b>Puissance publique</b>	<b>- 885 859 624</b>	<b>- 620 990 079</b>	<b>-1 535 297 817</b>	<b>-1 591 662 022</b>	<b>-1 852 646 144</b>
sécurité	34 497 645	47 661 266	74 717 806	54 362 217	69 920 263
effets amont	- 33 493 225	- 28 418 494	- 61 911 720	- 65 362 537	- 65 362 537
effet de serre	28 864 270	39 878 306	62 516 585	43 608 683	58 502 468
variation de maintenance de la voirie	2 693 486	3 721 267	5 833 772	4 069 370	5 459 192
variation de taxes	- 16 374 079	- 21 054 354	- 32 681 331	- 20 434 233	- 43 748 420
variation de recettes	132 758 910	199 094 604	315 369 878	243 615 007	163 465 152
variation des subventions d'exploitation	- 882 185 245	- 748 520 814	-1 630 706 059	-1 580 808 798	-1 721 597 873
COFP	- 152 621 386	- 113 351 859	- 268 436 748	- 270 711 731	- 319 284 390
<b>Total gain net</b>	<b>1 424 880 966</b>	<b>2 599 084 353</b>	<b>3 728 102 893</b>	<b>2 601 423 339</b>	<b>1 049 493 128</b>
<b>Investissements</b>	<b>-1 989 292 069</b>	<b>-1 692 828 396</b>	<b>-3 677 284 749</b>	<b>-3 862 532 108</b>	<b>-3 867 434 284</b>
investissements	-1 485 000 000	-1 260 000 000	-2 745 000 000	-2 898 000 000	-2 898 000 000
renouvellements	- 172 743 391	- 150 690 330	- 319 403 958	- 320 776 757	- 324 861 903
COFP sur renouvellements et investissements	- 331 548 678	- 282 138 066	- 612 880 792	- 643 755 351	- 644 572 381
<b>Bénéfice net actualisé VAN-SE (M€)</b>	<b>- 564 411 104</b>	<b>906 255 956</b>	<b>50 818 144</b>	<b>-1 261 108 769</b>	<b>-2 817 941 156</b>
<b>TRI</b>	<b>3,3%</b>	<b>6,4%</b>	<b>4,6%</b>	<b>3,2%</b>	<b>1,2%</b>

## D. Analyse des résultats

Les scénarios qui apparaissent les plus performants du point de vue du bilan socio-économique sont les suivants :

- **Le scénario 2 avec la ligne bleue seule, qui apparait le plus performant avec un TRI de 6,4 %,** grâce notamment à une fréquentation évaluée à plus de 113 000 voyageurs par jour, et plus de 27 000 nouveaux usagers du réseau de transports en commun. Il permet des reports depuis la route réduisant les externalités (congestion, sécurité, effet de serre, pollution locale, nuisances sonores).

Les gains monétarisés parviennent à compenser les coûts d'investissement et d'exploitation afférents au projet. Ce projet présente en effet une Valeur Actualisée Nette Socio-Economique (VAN-SE) largement positive qui s'établit à plus de 900 M€<sub>2017</sub> traduisant la rentabilité socio-économique du projet.

- Le scénario 3, composé des lignes jaune et bleue, qui est tout juste rentable avec un TRI à peine supérieur au taux d'actualisation et une VAN de près de 51 M€. Ce réseau de 2 lignes de métro augmenterait la fréquentation de la ligne bleue par rapport au scénario 2 de 10 000 voyageurs par jour (soit près de 123 000 voyageurs par jour, contre un peu plus de 100 000 pour la ligne jaune).

Ce sont les seuls scénarios présentant une VAN positive et un TRI supérieur au taux d'actualisation de 4,5 %. Ces résultats, pour être consolidés et confirmés ou informés, demanderaient une étude plus approfondie des hypothèses retenues, notamment en termes de fréquentation et d'évaluation des gains de temps (cf. limites du modèle de projection) et de montant des investissements.

## E. Tests de sensibilité

Afin de tenir compte de certaines de ces incertitudes, des tests de sensibilité peuvent être réalisés.

**Les risques et incertitudes qui pèsent sur l'évaluation socioéconomique des investissements publics sont de deux types<sup>76</sup> :**

- *« D'une part les risques spécifiques à l'investissement, qui sont de deux ordres :  
– les risques qui peuvent – au moins partiellement – être maîtrisés par le porteur de projet et qui résultent par exemple d'erreurs concernant les estimations de délais et de coûts (construction, maintenance, exploitation, etc., généralement sous-estimés) ou les futures pratiques tarifaires de l'opérateur. L'analyse doit envisager les mesures pouvant être mises en place pour diminuer ces risques ;  
– les risques liés à la mise en œuvre de l'évaluation portant sur les estimations des composantes de la VAN-SE : ils peuvent résulter de l'emploi de données pas assez fiables (mauvaise qualité des données), des insuffisances et imperfections des « modèles » de demande, ou bien encore de la difficulté à prévoir les évolutions de comportement, les modifications de la réglementation et des règles de tarification, l'apparition de concurrences nouvelles, l'obsolescence des technologies, etc.*
- *D'autre part les risques non spécifiques à l'investissement étudié, liés aux incertitudes sur les grands déterminants macroéconomiques susceptibles d'affecter les gains engendrés par l'investissement : évolution du prix de l'énergie, du PIB, du prix du foncier, de la croissance de l'emploi, du nombre de logements, etc. ».*

<sup>76</sup> Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics, DG Trésor et France Stratégie, décembre 2017, page 38.

C'est pourquoi nous proposons de réaliser quelques tests de sensibilité des indicateurs socio-économiques pour certaines variables clés du projet sur le scénario le plus performant, celui de la ligne bleue seule.

Le tableau ci-après résume les tests réalisés.

Variable impactée par le test	Test	VAN SE (en M€ 2017)
Investissement total	Valeur du scénario + 20%	567
	Valeur initiale	906
	Valeur du scénario - 20%	1 245
Investissement matériel roulant	Valeur du scénario + 20%	880
	Valeur initiale	906
	Valeur du scénario - 20%	932
Coûts d'exploitation	Valeur du scénario + 20%	727
	Valeur initiale	906
	Valeur du scénario - 20%	1 086
Gain de temps	Valeur du scénario + 20%	1 555
	Valeur initiale	906
	Valeur du scénario - 20%	258
Report modal de la route vers le réseau de TC	Valeur du scénario + 20%	954
	Valeur initiale	906
	Valeur du scénario - 20%	858

Quel que soit le test envisagé, la VAN reste fortement positive. **Elle est le plus fortement impactée par le gain de temps.** Une évolution de +/-20% des gains de temps provoque une variation de +/- 649 M€ de la VAN. **Le montant d'investissement total est le second facteur le plus impactant** sur la VAN. Une variation de +/- 20% de ce dernier provoque une évolution de +/-339 M€ de la VAN. Viennent ensuite le coût d'exploitation (+/- 180 M€) et dans une moindre mesure (variation inférieure à 50 M€) le report modal et l'investissement sur le matériel roulant.

## Conclusion intermédiaire

### La prise en compte des effets non monétarisables des investissements

Au-delà des impacts du projet dont le cadre réglementaire préconise et encadre la monétarisation, l'évaluation socioéconomique du projet préconise de prendre en compte un certain nombre de considérations complémentaires.

En effet, « la présentation de la VAN-SE peut être complétée en prenant qualitativement, et si possible quantitativement, les éventuels effets qui n’ont pas été monétarisés. L’objectif est de prendre en compte les effets des différentes options d’investissement sur les aspects qui n’ont pas pu être inclus dans le calcul socioéconomique, par exemple les effets territoriaux des investissements ou leurs effets sur l’emploi, la qualité de vie, etc. »<sup>77</sup>

Nous devrions ainsi comparer entre chaque scénario leurs effets sur la décongestion des réseaux de transport, les gains de confort, la fiabilité de l’offre proposée, ou encore les effets directs sur l’emploi via les activités liées au chantier<sup>78</sup>. Citons encore la cohérence du projet avec les documents de planification, les effets sur l’urbanisation, la diminution de la circulation et de ses nuisances, qui sont autant d’impacts positifs qui peuvent être attendus du projet et qui contribuent aussi à accompagner l’attractivité économique et touristique et la valorisation de l’image du territoire étudié.

La mise en œuvre de cette démarche met en évidence la difficulté d’objectivation de certains de ces paramètres dans une visée comparative compte-tenu des caractéristiques de nos scénarios.

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
<b>Décongestion</b> <sup>79</sup>					
<b>Gains de confort</b>					
<b>Fiabilité</b>					
<b>Effets sur l’emploi</b>					
<b>Documents de planification</b>	<i>Etude plus fine à réaliser</i>				
<b>Effets sur l’urbanisation</b>	<i>Idem</i>				

Légende :

<i>Effet positif faible</i>	<i>Effet positif modéré</i>	<i>Effet positif fort</i>
-----------------------------	-----------------------------	---------------------------

Au-delà du calcul monétarisé de la valeur actualisée nette, le tableau précédent propose ainsi une courte synthèse des bénéfices qualitatifs apportés par le projet.

**La considération de l’ensemble des impacts met en évidence un projet positif pour la collectivité.**

<sup>77</sup> Guide de l’évaluation socioéconomique des investissements publics, DG Trésor et France Stratégie, décembre 2017, page 39.

<sup>78</sup> La réalisation d’un projet, par les travaux que ce dernier génère pour les entreprises, participe au soutien économique via la construction d’une part et via la fabrication des fournitures de chantier d’autre part. Ainsi, les fiches-outils annexées à la circulaire du 16 Juin 2014 de la DGITM fournissent des indicateurs permettant de traduire l’investissement réalisé en nombre d’emplois induits.

<sup>79</sup> Evaluation sommaire à partir du nombre de véh.km économisés. Il faudrait également intégrer une évaluation de la congestion dans le réseau de transport en commun.

## **VII. GESTION PREVISIONNELLE DE PROJET : PLANNING, FINANCEMENT ET POINTS DE VIGILANCE**

---

### **A. Planning**

Si Bordeaux Métropole décidait d'approfondir les études portant sur la réalisation d'un réseau de métro, le planning prévisionnel initial pourrait être le suivant<sup>80</sup>, sur la base du lancement d'études d'opportunité en 2020 :

NB : Tout au long de la procédure, des étapes de concertation sont à prévoir. Il en est de même des nombreuses procédures administratives à réaliser au cours du projet.

---

<sup>80</sup> A partir du calendrier de réalisation d'autres projets de lignes de métro et de l'ouvrage du CEREMA « Projet de transport collectif en site propre – recommandations pour la mise en œuvre », collection Références du CEREMA, 2014.

## B. Financement

L'élaboration du plan financement du projet est une étape décisive. Or la situation des finances métropolitaines est contrainte.

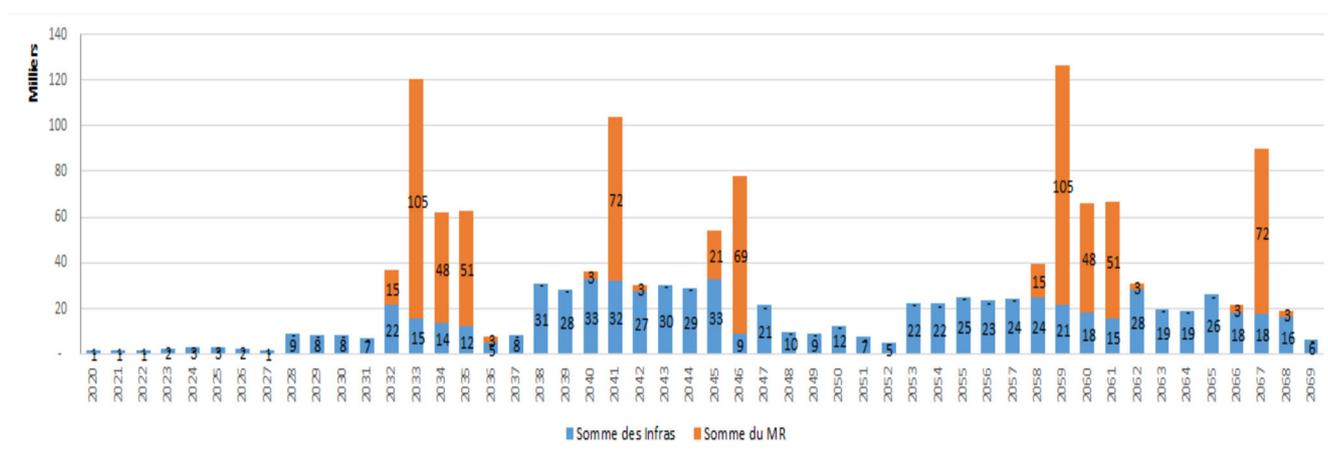
En effet, pour la période 2019-2022, le budget d'investissement pour les transports en commun inscrit au PPI est de 600 M€, soit 150M€/an en moyenne.

Le besoin en investissements supplémentaires à prévoir pour une ou deux lignes de métro (autour de 1,4 Md€ pour une ligne et 2,7Md€ pour deux lignes dans nos scénarios) serait à mobiliser sur une période de quelques années (de 2030 à 2034 approximativement suivant le planning ci-dessus), la majorité de l'investissement se concentrant lors de la phase travaux, après la phase des études.

Or, dans le même temps, notre métropole devra faire face à d'importants coûts de renouvellement de son réseau de tramway, qui atteindra les 30 ans d'existence et sera donc à la fin de son premier cycle de vie.

Les premiers résultats de l'étude stratégique sur le renouvellement du patrimoine tramway, en cours au moment de la rédaction de ce rapport, indiquent que des sommes très importantes seront à consacrer au réseau de tramway existant.

Ainsi, pour le réseau existant au 1/03/2019 (après la mise en service de l'extension de la ligne C vers Villenave d'Ornon), une stratégie optimale au plan technique de renouvellement de ce patrimoine, amènerait Bordeaux Métropole à engager les dépenses suivantes :



On peut constater un besoin d'intervention moyen compris entre 20 et 30 M€/an sur l'infrastructure tramway, et des besoins plus irréguliers mais beaucoup plus importants sur le renouvellement du matériel roulant, pouvant dépasser les 100M€/an.

Il apparaît d'ores et déjà que le besoin en investissement de la Métropole devrait doubler par rapport

à aujourd'hui si la collectivité venait à s'engager dans un projet de métro.

Pour autant, une telle prévision ne prend pas en compte les coûts financiers de la réalisation des opérations de renouvellement qui sont planifiées (seuls les coûts directs des opérations sont évalués dans le graphique ci-dessus), ne concerne que le tramway et aucune dépense liée au mode bus (investissement dans les lignes de BHNS, renouvellement des bus répondant à nos obligations en matière de transition vers une flotte à faible émission, construction et entretien des dépôts...), ne prend en compte pour le tramway aucun des projets sur lesquels travaille actuellement Bordeaux Métropole pour une mise en service à partir de la fin 2019 (ligne D, prolongation de la ligne A de tramway vers l'aéroport, prolongation de la ligne D de tramway vers Saint-Médard, prolongation de la ligne B vers Gradignan, réalisation d'un nouveau tramway Pellegrin/Thouars soit l'équivalent de plus de 30 km de tramway supplémentaires), et n'intègre aucune des autres dépenses stratégiques de Bordeaux Métropole pour les mobilités (RER métropolitain, rocade...).

Ce graphique pose aussi la question à long terme de la capacité pour Bordeaux Métropole à assurer le renouvellement d'un réseau de transports en commun représentant un patrimoine de plusieurs milliards d'euros, car, après quelques décennies, le métro générera lui aussi des coûts de renouvellement proportionnels à l'investissement de départ.

**La question du financement semble donc être un point crucial pour la réalisation d'un projet de métro de tramway. En l'état actuel, et au vu des éléments ci-dessus, il semble difficile d'imaginer un plan de financement qui rende possible la réalisation d'une telle infrastructure et qui permette par ailleurs à Bordeaux Métropole de maintenir en l'état son réseau de tramway existant, de développer de nouvelles lignes, d'améliorer la performance de son réseau de bus, tout en gardant des capacités pour financer l'amélioration du réseau routier ou le RER métropolitain.**

*A titre de comparaison, Rennes Métropole disposait d'une capacité d'autofinancement à hauteur de 40 % de l'investissement pour sa 2<sup>ème</sup> ligne de métro (une marge dont ne dispose pas Bordeaux Métropole), et a complété son budget par 40 % d'emprunt (majoritairement auprès de la BEI) et par 20 % de subventions (Région, Département, crédits européens).*

Bien évidemment, pour aller plus loin, la possibilité d'une concession (type partenariat public privé, le financement d'un métro par les seules recettes issues des usagers n'étant pas réaliste) devrait être étudiée. Cependant, une telle solution, si elle pourrait permettre de mobiliser les sommes nécessaires à l'investissement, est difficilement imaginable sans que la collectivité ait par la suite de lourds loyers

à payer, qui seront d'autant plus importants qu'ils comprendront une rémunération du capital privé mobilisé. Il semble peu crédible d'imaginer qu'une telle solution puisse permettre de s'affranchir des contraintes budgétaires évoquées ci-dessus.

### **C. Points d'attention pour la mise en œuvre d'un projet de métro**

Nos échanges avec les protagonistes de Toulouse, Rennes ou encore Lyon ayant en charge le développement de leur réseau de lignes de métro nous ont permis d'identifier plusieurs points cruciaux à anticiper ou intégrer lors de la réalisation de projets de ce type :

- **La gouvernance et l'organisation des équipes ainsi que des circuits décisionnels et opérationnels** sont à prévoir dès le début du projet. Ce point rejoint un des principes d'action retenus par la Charte des mobilités de l'agglomération bordelaise qui promeut « des instances de gouvernance inédites<sup>81</sup> », en perspective notamment de « l'élaboration d'une offre évolutive et négociée avec les représentants de la « demande » de transport qui suppose la mutation d'institutions existantes ou la création de dispositifs organisationnels ad hoc ».
- **La pluridisciplinarité** est à rechercher avec un mixage des compétences en interne et lors du choix des prestataires, la difficulté étant de bénéficier de structures qui ont déjà une expérience « de A à Z » en la matière.
- **La gestion du budget** alloué est un sujet sensible, très suivi, concentrant de fortes attentes et engageant une grande part de la crédibilité de l'équipe en charge du projet. Des études de prospective financière pourront être remises à jour très régulièrement, fondées sur un travail de soutenabilité budgétaire très lourd à mener (cf. expérience de Toulouse).
- **Le volume et la complexité des procédures réglementaires** notamment environnementales ne devront pas être sous-estimés. Il est recommandé de faire appel à un AMO « procédures » car il s'agit d'un volet décisif dès les phases d'études, pour mener à bien l'ensemble des démarches administratives et obtenir les autorisations sans retard sous peine de retarder le planning général. Toulouse Métropole a dû faire face à plusieurs aléas au cours de son projet de ligne nouvelle avec une consultation MOE jugée infructueuse (deux candidats seulement) qui a eu pour conséquence 1 an de retard, des lourdeurs dans la concertation, toutes les DUP attaquées... « parfois à cause d'instances indépendantes qui fournissent des points d'accroches aux opposants

---

<sup>81</sup> Charte des mobilités de l'agglomération bordelaise, a'urba, janvier 2015, page 12.

au projet (CNDP, MRAE, SGPI (SG pour investissement) » d’après un responsable de l’une des entités consultées.

- **La communication permanente auprès de toutes les parties prenantes** ne doit pas être négligée. C’est une des clés de l’acceptation du projet par les populations, en particulier celles qui subissent les nuisances en phase chantier par exemple où même dès les campagnes de reconnaissance géotechnique. Plusieurs médiateurs et autres effectifs doivent être prévus pour la tenue de revues de presse, la réalisation de documents de planification, la présence sur le terrain, au plus proche des riverains. Cette dynamique est le fondement de la concertation qui doit accompagner le projet et de la préparation notamment de l’enquête publique. C’est un poste qui est très consommateur en moyens, en temps et en énergie et « beaucoup plus délicat que les champs techniques » selon un représentant de Tisseo.
  
- **Tous les choix faits doivent être justifiés**, la transparence doit être recherchée y compris de décisions politiques qui doivent être assumées. A Toulouse, suite au débat, il a été demandé à ce que des alternatives de tracé qui n’avaient pas été étudiées le soit a posteriori !
  
- **La gestion des nuisances en phase chantier (cf. tableau ci-après)** sont sans surprise un point de vigilance à anticiper au mieux avec une communication de proximité en amont et pendant le chantier ainsi que la prise de mesures pour réduire les nuisances au maximum (puits entièrement fermé pour isoler du bruit et de la poussière une fois que la machine est assemblée, recours à des trains sur pneu à l’intérieur des tunnels qui évitent les vibrations que provoquaient les rails précédemment utilisés, etc.). Elles se concentrent autour des puits d’accès au tunnel avec la circulation de camions et autour des futures stations (impact sur les commerces, la circulation, etc.)<sup>82</sup>.

La réalisation d’un chantier en tranchée ouverte génère également des nuisances très forte (cf. photos page suivante). La réalisation d’une partie de la voie en viaduc peut également soulever des oppositions des riverains des futures installations. Quant aux aléas des travaux souterrains, ils ont été évoqués dans la partie III.B.

---

<sup>82</sup> Photo du tunnelier issue du site Internet <https://www.herrenknecht.com> et photo personnelle du chantier de la ligne 15 Sud du Grand Paris Express, à Noisy Champs mettant en évidence l’emprise du chantier du puits d’accès au tunnel.

Liste des sources de risques pour la phase chantier<sup>83</sup>

Autres exemples de chantiers réalisés en tranchée ouverte pour le métro lyonnais (source : TCL) :

---

<sup>83</sup> AFTES – recommandations de l’AFTES – prise en compte des risques techniques dans les projets d’ouvrage souterrains en vue de la consultation des entreprises, n°258 – novembre/décembre 2016 – GT32R3F1, page 356.

## **VIII. SYNTHÈSE CONCLUSIVE**

---

Le constat de la congestion automobile et de la saturation en heures de pointe du réseau de tramway est reconnu par tous. Face au décalage entre l'ambition affichée de développement et de croissance démographique de la métropole bordelaise et les moyens mobilisés en matière de déplacements, la question d'un métro à Bordeaux nous semble donc tout à fait légitime.

Aussi bien les études réalisées dans les années 80 et 90 que les experts rencontrés à l'occasion de ce travail s'accordent sur la faisabilité technique d'un métro à Bordeaux Métropole. Les techniques notamment des tunneliers ont progressé en 30 ans et permettent d'envisager plus sereinement un chantier de cette envergure, à condition qu'il soit préparé de manière optimale avec un investissement fort sur les études géotechniques, l'objectif étant de limiter au maximum les aléas sans pouvoir garantir qu'aucun incident ne se produira (cf. expérience de Rennes notamment). Le mode métro bénéficie d'un retour d'expériences très positif compte tenu de ses caractéristiques (fiabilité, vitesse, rapidité, sécurité...). Un parangonnage sur un échantillon plus large, au-delà des métropoles françaises, pourrait également être intéressant.

Notre travail montre que le bilan socio-économique d'un projet de métro devrait pouvoir être positif pour une ligne (ou deux lignes) judicieusement choisie(s). C'est un indicateur important du projet, même s'il doit s'intégrer dans une analyse plus globale (lien avec la politique d'urbanisation, les enjeux de développement durable, les engagements de Bordeaux Métropole en matière climatique, etc.).

La réalisation d'un métro à Bordeaux devra cependant affronter deux enjeux majeurs :

- Celui du financement, tant en ce qui concerne l'investissement initial que le renouvellement du matériel roulant tout au long de la durée de vie du projet (100 ans). Ce financement doit s'intégrer dans un contexte où Bordeaux Métropole devra être capable rapidement de mobiliser d'importants budgets pour le maintien en état de son réseau existant de tramway, sans même parler du financement des autres projets structurants de sa stratégie mobilités (SDODM, RER métropolitain, rocade...);
- Celui de la réalisation d'un chantier d'une telle ampleur dans une ville comme Bordeaux, avec, tout au long de la durée de chantier (4 à 5 ans), d'importantes nuisances tout au long du parcours et un impact très élevé sur la circulation.

Notre démarche pourra alimenter un débat déjà passionné après avoir tenté d'en objectiver certains

aspects. Un travail itératif sera nécessaire pour préciser le dimensionnement du besoin (préalable pour calibrer le matériel roulant, les ouvrages à réaliser, etc.), identifier les corridors de tracés les plus pertinents et les modéliser au mieux.

Des études complémentaires pour intégrer les interactions entre les systèmes de transports et l'occupation des sols pourraient être lancées, le territoire métropolitain, dans sa dynamique actuelle, étant propice à une expérimentation de ce type. Les modèles « transports-urbanisme », également connus sous l'abréviation LUTI (Land Use Transport Interaction), intègrent les interactions entre l'offre et la demande de transports, l'offre et la demande de biens immobiliers et la question de l'usage du sol. Grâce à leur programme de simulation informatique conçu pour l'aide à la décision en urbanisme et en aménagement du territoire, ces modèles tentent de traiter conjointement, c'est-à-dire de manière intégrée, les problématiques liées à l'occupation du sol (étalement urbain, localisation des activités, etc.), au transport et aux mobilités (modes de déplacements, trafic, etc.). Ils pourraient tenter de répondre à l'enjeu d'une approche transversale associant l'ensemble des parties prenantes dès les réflexions amont, tout en contribuant à apaiser le débat autour d'un métro en terres bordelaises.

## Bibliographie

---

### Livres, rapports et articles académiques

**BONNEL Patrick**, *Evolution de l'usage des transports collectifs et politiques de déplacements urbains : Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT)*. La Documentation Française, 2003, Coll. Transports recherche innovation.

**BONNEL Patrick**, *Prévision de la demande de transport*. Economies et finances. Université Lumière – Lyon II, 2002.

**BONNEL Patrick, GABET Pascal**. *Mesure de l'effet de l'évolution des localisations et de la motorisation sur la part de marché des transports collectifs (PREDIT)*. Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, 1999, 173 pages.

**ORFEUIL Jean-Pierre, MASSOT Marie-Hélène**, *La mobilité au quotidien, entre choix individuel et production sociale*, Presses Universitaires de France | « Cahiers internationaux de sociologie » 2005/1 n° 118 | pages 81 à 100.

**ORFEUIL Jean-Pierre**, *Quand la voiture devient contrainte*, C.E.R.A.S | « Revue Projet », 2013/3 n° 334 | pages 50 à 58.

**QUINET Emile**, *Principes d'économie des transports*, Economica, 1998, 419 pages.

### Guides, études, rapports et autres documents techniques

#### Génie civil et tunnels

**Fascicule 69 du Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de travaux de génie civil – Travaux en souterrain (GEM-OTM)** (document annexé à l'arrêté du 30 mai 2012).

**Guide du CETU d'application du fascicule 69 du CCTG travaux en souterrain**, décembre 2013.

**Recommandations de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) : caractérisation des incertitudes et des risques géologiques, hydrogéologiques et géotechniques**, dans la revue Tunnels et espace souterrain, n°232, juillet/août 2012.

**Tunnels et espaces souterrains**, Revue bimestrielle n° 240, novembre/décembre 2013.

**Tunnels et espaces souterrains**, Revue bimestrielle n° 249, mai/juin 2015.

**Recommandations de l'Association Française des Tunnels et de l'Espace Souterrain (AFTES) : prise en compte des risques techniques dans les projets d'ouvrages souterrains en vue de la consultation des entreprises**, dans la revue Tunnels et espace souterrain, n°258, novembre/décembre 2016.

**Prix des tunnels**, les documents d'information, Centre d'études des tunnels (CETU), ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer coordonné par Gilles HAMAIDE, mars 2016.

## **Déplacements et mobilité**

**Projet de transport collectif en site propre – recommandations pour la mise en œuvre**, collection Références du CEREMA, 2014

**Les coûts des transports collectifs urbains en site propre - chiffres clefs - principaux paramètres**, Editions du CERTU, Collection Essentiel - octobre 2011.

**L'Enquête Ménages Déplacements (EMD) réalisée dans l'agglomération bordelaise en 2009-2009**, rapport d'analyse, décembre 2009.

**Enquête mobilité des ménages 2017 de Bordeaux Métropole, les principaux résultats.**

**Rapport sur la relance du schéma directeur opérationnel des déplacements métropolitains (SDODM) à la commission du bureau**, séance n°21985 du 18 septembre 2014.

**Etude Les boulevards 2025-2044 : le nouvel espace public métropolitain**, A'urba, septembre 2016.

**Plan urgence-mobilités 2018-2020 de Bordeaux Métropole**, avril 2018.

**Analyses et projections de la métropole bordelaise en 2030**, co-écrit avec la CUB par a'urba, 2010.

**Rapport de Keolis**, exploitation du réseau de transports en commun de Bordeaux Métropole, année 2018.

**Quelles réponses à la saturation du tramway de l'agglomération bordelaise ?**, Etienne Lhomet et Denis Bousquet, 2011.

**Bilans LOTI de la seconde phase du tramway de la CUB**, septembre 2013.

**Rapport du Grenelle des mobilités de la métropole bordelaise**, Pour une mobilité fluide, raisonnée et régulée, mars 2013.

**Charte des mobilités de l'agglomération bordelaise**, a'urba, janvier 2015.

## **Evaluations socio-économiques :**

**Instruction du Gouvernement du 16 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport.**

**Note technique du 27 juin 2014 relative à l'évaluation des projets de transport, DGITM.**

**Fiches-outils du référentiel d'évaluation des projets de transport**, dont la fiche « Valeurs recommandées pour le calcul socio-économique » du ministère de l'Ecologie, mise à jour le 3 mai 2019.

**L'évaluation socio-économique des investissements publics**, rapport de la mission présidée par Emile Quinet, commissariat général à la stratégie et à la prospective, septembre 2013.

**Valeurs du temps**, rapports et documents, avril 2013, Tome 2 du rapport « L'évaluation socio-économique en période de transition », groupe de travail présidé par Emile Quinet, contribution de Quentin Roquigny, commissariat général à la stratégie et à la prospective.

**Guide de l'évaluation socioéconomique des investissements publics**, DG Trésor et France Stratégie, décembre 2017.

**Evaluation des transports en commun en site propre : recommandations pour l'évaluation socio-économique des projets de TCSP**, collection Références du CERTU, mai 2002.

## **Etudes socio-économiques**

**Etudes opérationnelles pour le projet de liaison Gradignan – Talence – Bordeaux – Cenon, Bilans socio-économiques**, Systra, pour Bordeaux Métropole, 26 avril 2018.

**Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique pour le Bus à Haut Niveau de Service - Liaison Bordeaux Gare Saint-Jean – Saint-Aubin de Médoc**, document 4, évaluation socio-économique, version 2, avril 2019.

**Dossier d'enquête préalable à la déclaration d'utilité publique pour les lignes 14, 16 et 17 du Grand Paris Express**, pièce H, Société du Grand Paris, non daté.

**Etude des scénarios alternatifs « Centre »**, Toulouse Aérospace Express, rapport complémentaire remis au Conseil scientifique, 14 mai 2018.

**Transports collectifs urbains à Toulouse, Opportunité et faisabilité d'une troisième ligne de métro**, Maxime Lafage, septembre 2011.

## **ANNEXES**

---

1. Lettre de commande
2. Organigramme de Bordeaux Métropole
3. Planning
4. Documents relatifs à l'étude initiale de métro (1986 – 1994)
5. Extraits du fichier de calcul relatif aux bilans socio-économiques
6. Lecture critique de l'étude « Métro de Bordeaux »
7. Revue de presse des articles relatifs à la présente étude

## **Annexe 1 : lettre de commande**

### **Mise en place d'un réseau de Métro sur le territoire de Bordeaux Métropole**

---

#### ***Sujet de thèse professionnelle***

#### **Contexte**

Dans les années 80, la Communauté Urbaine de Bordeaux a engagé d'importantes études dans l'objectif de réaliser un réseau de Métro. Cependant, du fait des conditions géologiques propres au territoire bordelais, il s'est avéré que le coût d'un tel réseau aurait été trop important et n'aurait pas permis de desservir de manière satisfaisante les différentes communes de l'agglomération.

Le projet a donc été abandonné au début des années 90, pour laisser place à la création de plusieurs lignes de tramway.

Aujourd'hui, et alors que les premières lignes de tramway bordelaises ont été mises en service en 2013, 20 ans après le renouveau du tramway français à Nantes, la Métropole bordelaise a largement rattrapé son retard en la matière puisqu'elle disposera, fin 2020, d'un réseau de 77 km de lignes de tramway. Les différents projets approuvés par les élus et qui sont aujourd'hui en études pourraient même porter ce réseau à une centaine de km d'ici 2030.

L'importance de ce réseau n'est pas toutefois sans poser d'importantes difficultés, notamment en termes de maintenance, avec des coûts qui devraient significativement augmenter dans les années à venir. Et malgré une augmentation de la fréquentation des transports en commun extrêmement élevée ces 3 dernières années (+30%), Bordeaux Métropole reste la 3<sup>ème</sup> métropole la plus congestionnée de France.

Aussi, au regard des progrès technologiques réalisés depuis 30 ans, la question de la création d'un métro est à nouveau apparue dans le débat public. Un document fouillé a notamment été produit par un habitant, qui a constitué sur cette base une association.

Bordeaux Métropole souhaite donc disposer de données objectives lui permettant d'avoir une idée plus précise sur la pertinence de la relance d'un projet de métro.

#### **Missions**

La mission qui serait confiée dans le cadre de la thèse professionnelle se décomposerait en plusieurs étapes :

- Bilan des études réalisées dans les années 80 et 90 :

Dans un premier temps, il s'agira d'analyser les études produites il y a 30 ans, afin de faire notamment le point sur les sujets suivants :

- Tracé des lignes envisagées ;
- Difficultés techniques rencontrées, en particulier en termes de géotechnique ;
- Coût du réseau

- Point sur les techniques actuelles de Métro

Cette étape doit permettre de mesurer les progrès techniques depuis 30 ans et de quelle manière ils pourraient être appliqués pour trouver des réponses aux difficultés ayant mené à l'abandon du projet.

Ce travail se fera essentiellement en prenant contact avec des bureaux d'études travaillant sur des projets de Métro en France et à l'étranger.

*NB : des bureaux d'études nous ont déjà fait part de leur intérêt pour nous présenter de manière informelle leur expérience en la matière.*

Ces échanges permettront aussi d'identifier quelles sont, aujourd'hui, les grandes caractéristiques des projets de Métro :

- Coût moyen/km ;
- Points cruciaux lors de la réalisation des projets (par exemple acceptabilité par les populations, risques en phase de construction) ;
- Retour d'expérience et enjeux en termes d'exploitation à moyen et long terme

Cette étape du travail permettra ainsi de faire une analyse critique du dossier réalisé par l'association évoquée ci-dessus.

- Définition d'un réseau-cible et études de ces caractéristiques

Cette étape doit permettre d'établir les principales données permettant aux élus de se prononcer sur la pertinence de la relance du projet.

Les sous-étapes à envisager sont les suivantes :

- Définition du réseau global cible métro/tramway/BHNS
- Modélisation du potentiel des lignes de métro sur la base de ce réseau. Ce travail sera réalisé grâce au modèle multimodal de déplacements de l'agglomération bordelaise. Pour que les résultats soient interprétables sans équivoque, la phase de détermination des hypothèses devra être réalisée avec soin. Il s'agira, par exemple, de déterminer le plus rationnellement possible, à échéance de la réalisation du métro, l'appétence de la population pour les modes doux, le taux d'occupation des automobiles, les contraintes imposées par le politique de stationnement (niveau de tarification...) ... Le cas échéant, plusieurs jeux d'hypothèses pourraient être testés (fil de l'eau, volontariste etc...).
- Evolution du coût des travaux et du bilan socio-économique des lignes proposées
- Prise en compte des jeux d'acteurs (élus, riverains, acteurs économiques...) au regard des enjeux politiques, techniques, fonciers, économiques...
- Proposition d'un planning de réalisation, et d'un planning cohérent d'actions à mener sur le réseau existant pour assurer la complémentarité entre le réseau de métro à construire et le réseau existant tramway/BHNS.

### **Présentation des résultats**

L'ensemble de ces étapes devront faire l'objet de présentations (format Powerpoint) pour la diffusion des résultats auprès des techniciens et des élus de la Métropole.

En fin de thèse, un rapport complet (30 à 50 pages) devrait être établi.

### **Appui des équipes de Bordeaux Métropole**

Les équipes de Bordeaux Métropole seront mobilisées afin de permettre le bon déroulement de la thèse. La personne en charge de cette dernière pourra notamment compter sur l'appui des agents suivants :

- L'archiviste de la DG mobilités ;
- La chargée d'étude responsable de la maintenance et de l'exploitation du modèle de déplacement ;
- Le chef de service observation/modélisation/rocade ;
- Le directeur de la mission tramway et les chefs de projets qui composent cette dernière

- L'adjoint au directeur général en charge mobilités chargé des déplacements et des infrastructures
- Le directeur général en charge des mobilités qui sera le tuteur de la thèse

La personne en charge de la thèse devrait aussi pouvoir compter sur l'appui de l'ancien directeur général des services techniques de la Cub, qui suivait à l'époque le projet de métro.

### **Conditions matérielles de réalisation de la thèse**

La personne réalisant la thèse professionnelle disposera d'un poste informatique, d'un bureau qu'il pourra avoir à partager avec d'autres agents de la DG mobilités.

Ses déplacements professionnels réalisés dans le cadre de la thèse seront bien évidemment pris en charge par Bordeaux Métropole.

### **Contact**

Nicolas Fontaine

Directeur général en charge des mobilités

[nfontaine@bordeaux-metropole.fr](mailto:nfontaine@bordeaux-metropole.fr)

06 76 34 33 37





#### **Annexe 4 : documents complémentaires relatifs à l'étude initiale de métro (1986-1994)**

- Détail du coût de construction du réseau par ligne (Saint-Jean – Les Aubiers et CHR – Quinconces) en Francs (valeur de 1987).
  
- Analyse des coûts des travaux aux tunneliers.
  
- Coût des tunnels et ouvrages en fonction des sols.
  
- Caractéristiques de construction de chaque station dont profondeur et coût.
  
- La fréquentation attendue.

Détail du coût de construction du réseau par ligne (Saint-Jean – Les Aubiers et CHR – Quinconces) en Francs (valeur de 1987) :

Analyse des coûts des travaux aux tunneliers :

**MATRA TRANSPORT - C.R.I.**

- 64 -

réf.	Tronçon	kf déc. 1987
1	* Ligne A : Monotube Saint-Jean - place André Meunier et ouvrages associés	106 000
2	Bitube en zone sédimentaire de la place André Meunier à l'ouvrage Sud de Quinconces, y compris les ouvrages associés	411 600
3	Bitube en zone alluvionnaire de l'ouvrage Sud de Quinconces à l'ouvrage de raccordement du Grand-Parc, y compris ouvrages en lignes	261 000
4	Tranchée couverte dans Grand-Parc	63 500
5	Viaduc de la trémie Cournord aux Aubiers	54 900
	<b>Total ligne A</b>	<b>897 000</b>
6	* Ligne B Monotube de C.H.R. à Quinconces y compris les ouvrages spéciaux et confortements divers	355 800
7	* Voies de service	30 900
	<b>Total 1ère phase</b>	<b>1 283 700</b>
a	Total souterrain profond (1 + 2 + 3 + 6)	1 134 400
b	Tranchée couverte (4)	63 500
c	Viaduc (5)	54 900
d	Voies de service	30 900
	<b>Total 1ère phase</b>	<b>1 283 700</b>

Note : Les coûts de déviations de réseaux, au droit des ouvrages en ligne, et de reprises de voirie, sont portés au volume 4 - Stations

LONGUEUR DE LIGNE (m)	BITUBE	MONOTUBE
	4 270	6 303
<b>FOURNITURE TUNNELIER</b>		
- Nombre	3	2
- Coût	127	101,2
<b>CREUSEMENT REVETEMENT</b>	386,5	451,5
<b>TRAITEMENTS</b>	87,9	71
<b>COUT TOTAL</b>	<b>601,4</b>	<b>623,7</b>
<b>RATIOS</b>		
Coût kilométrique moyen	140,8	98,9
Coût kilométrique creusement seul	90,5	71,6
<b>SURCOUT D'UN TUNNELIER :</b>	<b>7 %</b>	<b>8 %</b>
en % du coût total		
<b>COUT KILOMETRIQUE du creusement seul avec 2 tunneliers bitube + 1 monotube</b>	<b>80,6</b>	<b>63,6</b>
<b>COUT KILOMETRIQUE GLOBAL avec 2 tunneliers bitube et 1 monotube</b>	<b>130,9</b>	<b>90,9</b>

Coût des tunnels et ouvrages en fonction des sols<sup>84</sup>

<sup>84</sup> Metro automatique léger VAL – avant-projet sommaire, tome III, volume 9, Trafic - exploitation, juin 1988, document consulté aux archives de Bordeaux Métropole.

**INFRASTRUCTURES EN LIGNES**

(Coûts en MF Décembre 1987)

	Ensemble 1° phase	Domaine Karstique			Domaine Alluvial		
		Traditionnel	Tunnelier Bi-tube	Tunnelier mono-tube	Tunnelier bitube	Tunnelier monotube	tranch. c. raccordem. (4)
<b>1/ TUNNELS PROFONDS</b>							
Longueur (ml)	12 848	970	2 700	3 310	1 570	2 993	1 305
Fourniture Tunneliers (2)	228,2	-	84,7	50,6	42,3	50,6	-
Creusement-Revêtement (3)	1 102,9	92,8	248,9	224,5	137,6	227	172,
Traitement Sols	160,6	1,7	69,3	48	18,6	23	-
<b>Coûts Tunnels Profonds</b>	<b>1 491,7</b>	<b>94,5</b>	<b>402,9</b>	<b>323,1</b>	<b>198,5</b>	<b>300,6</b>	<b>172,</b>
<b>Coûts kilométriques MF/km</b>	<b>116,1</b>	<b>97,4</b>	<b>149,2</b>	<b>97,6</b>	<b>126,4</b>	<b>100,4</b>	<b>131,1</b>
↳ Traitements/Creusement Rev.	14,6	1,8	27,8	21,4	13,5	10,1	-
<b>2/ OUVRAGES SPECIAUX</b>							
Raccordements lignes A-B-C	40						
Raccordements Garages-ateliers	96						
Puits et Ouvrages divers	47						
<b>3/ TOTAL INFRASTRUCTURES EN LIGNES</b>	<b>1 674,7</b>						

(1) Longueur de ligne, à doubler pour la longueur de galerie bitube.

(2) 3 tunneliers bitubes + 2 tunneliers monotubes.

(3) y compris sujétions de traversées de stations et immobilisations pour traitements.

(4) y compris sur largeur pour maintenance 1° niveau au terminus Ravésies.

*Caractéristiques de construction de chaque station dont profondeur et coût*<sup>85</sup>

---

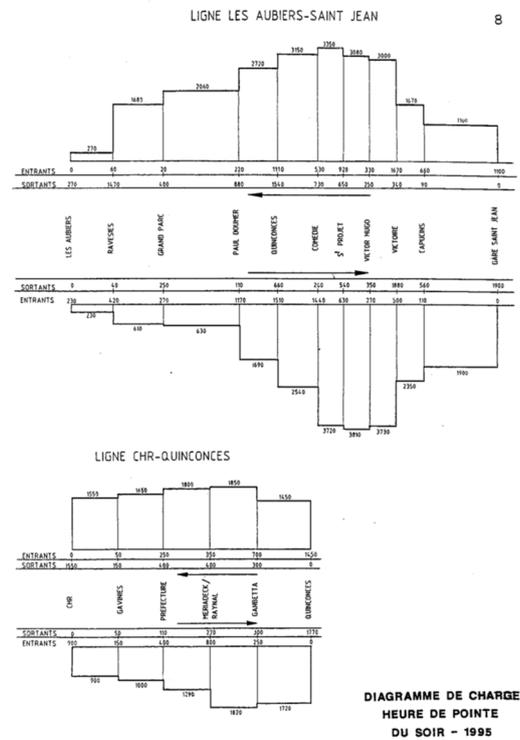
<sup>85</sup> Idem.

La fréquentation attendue<sup>86</sup> :

Fréquentation par ligne – projection pour l'année 1995

MOUVEMENTS JOURNALIERS AUX STATIONS EN 1995 (ENTRANTS + SORTANTS)		
<b>LIGNE ST-JEAN LES AUBIERS</b>		
St-Jean	25 000	11,4%
Capucins	12 000	5,5%
Victoire	36 500	16,7%
V. Hugo	10 000	4,6%
St Projet	23 000	10,5%
Comédie	25 000	11,4%
Quinconces	38 500	17,6%
P. Doumer	20 000	9,1%
Grand Parc	8 000	3,6%
Ravesies	16 500	7,5%
Aubiers	4 500	2,1%
<b>TOTAL</b>	<b>219 000</b>	<b>100 %</b>
<b>LIGNES QUINCONCES CHR</b>		
Quinconces	27 000	30,3%
Gambetta	13 000	14,6%
Raynal	15 000	16,8%
Mériadeck	10 000	11,2%
Gaviniès	3 500	4,1%
CHR	20 500	23,0%
<b>TOTAL</b>	<b>89 000</b>	<b>100 %</b>
<b>TOTAL DU RESEAU</b>	<b>308 000</b>	
<b>TRAFIC JOURNALIER VAL :</b>	Voyages : 154 000	
	Déplacements : 121 000	

Diagramme de charge (prévision 1995) –  
heure de pointe du soir pour les 2 lignes



<sup>86</sup> Metro automatique léger VAL, avant-projet sommaire, tome III, volume 9, trafic – exploitation, juin 1988, consulté aux archives de bordeaux Métropole.

**Annexe 5 : extraits du fichier de calcul relatif aux bilans socio-économiques**

**Bilan par acteur (1/2) : exploitant, usagers et tiers.**

**Bilan par acteur (2/2) : puissance publique et investissements.**

## **Annexe 6 : lecture critique de l'étude « Métro de Bordeaux »**

Cette étude a été réalisée par Mickaël Baubonne, docteur en droit de l'Université de Bordeaux, et publiée le 1<sup>er</sup> mars 2018.

Le projet présenté prévoit un réseau de 38 km (dont 17 km en souterrain) composé de 2 lignes desservant 34 stations, pour un coût estimé à 1,6 Md€.

Il préconise un tracé sous la trame viaire en limitant le recours aux tunneliers sur quelques tronçons (traversée de la Garonne notamment).

Il prévoit également une interopérabilité avec les réseaux ferrés.

### **Le tracé**

Plusieurs parties du tracé posent question et notamment les redondances avec d'autres infrastructures existantes : il s'agit aussi bien du tronc commun entre les deux lignes envisagées, lui-même superposé à la ceinture ferroviaire, que de la partie de la ligne M1 redondante avec la branche de la ligne C du tramway en direction de Blanquefort ou encore d'un autre tronçon de la ligne M1 entre les stations gare Saint-Jean et Palais de Justice superposé avec le tracé du futur BHNS qui reliera la gare Saint-Jean à Saint-Médard-en-Jalles. Même constat pour le tronçon de la ligne M2 sur la rive droite positionné en parallèle à la ligne de tramway de Galin à Bastide... Peut-être un effet de décongestion est-il recherché mais il ne concernerait le cas échéant qu'une toute petite partie de ces redondances.

### **Le mode**

Le projet présenté est un métro finalement interconnecté avec des dessertes ferroviaires périurbaines (Arcachon, Libourne, Macau) : il s'apparenterait alors à un RER... Ce point soulève de nombreuses questions de faisabilité.

### **L'opérationnalité**

Sur la ligne de ceinture, une mixité de circulation entre métro et RER est donc envisagée, impliquant un passage d'un mode entièrement automatique à un mode manuel, dont la mise en œuvre technique n'est pas sans soulever de fortes interrogations, notamment en termes d'exploitation. Sa faisabilité même peut être mise en doute.

### **La performance**

Cette même ceinture serait utilisée par les 2 lignes de métro, synonyme de nombreuses contraintes, de facteur limitant en termes de fréquence par exemple, ou encore de risque fort pour l'exploitation en cas d'avarie. Ce choix s'avère donc peu judicieux.

### **Le coût**

L'investissement est évalué à 1,6 M€ pour 38 km, ce qui semble faible au regard des ratios disponibles pour des lignes de métro récemment construites. L'utilisation d'infrastructures et d'ouvrages existants est prévue mais nécessiteraient néanmoins de très nombreuses adaptations et évolutions techniques, technologiques, ou encore de mise aux normes ou au gabarit des ouvrages, etc.

Le coût d'exploitation de ce métro - RER en ceinture ne peut pas être précisément comparé à celui d'un métro automatique, la présence d'un conducteur à bord de ces matériels remettant en question de nombreux avantages du métro en termes de coûts d'exploitation justement, mais aussi de flexibilité, d'adaptabilité, etc. Un surcoût est donc à prévoir.

### **Technique de construction des ouvrages**

Prévoir la réalisation de plusieurs kilomètres de lignes en tranchée couverte est indissociable de l'acceptabilité par les populations et acteurs économiques de ce type de nuisances. Ce qui a été fait il y a 40 ans à Lyon notamment serait-il reproductible en plein cœur de notre métropole aujourd'hui ? La réalisation d'un réseau en tranchée couverte implique des nuisances d'une autre dimension que celles d'un chantier de tramway, or elles ne semblent pas avoir été évaluées à leur juste valeur dans cette étude.

**Annexe 7 : revue de presse des articles relatifs à la présente étude**