

**Projet Transport et développement durable
Le tramway parisien.**

Professeur: Foot Robin

Groupe: Areno Henrique

Ba Aly

Hasegawa Miki

Kaneko Hirotaka

Kim Hyun-Duk

Krokhina Alina

Kurasawa Satoru

Oh Hye-Sun

Schiesari

Fernanda

Sokolov Mikhail

Paris, le 23 Juin 2006.

TABLE DE MATIÈRE

INTRODUCTION

DEVELOPPEMENT DURABLE ET SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN

L'EXTENSION DU TRAMWAY PARISIEN

LE PLAN ÉCONOMIQUE

PLAN SOCIAL

PLAN ENVIRONNEMENTAL

ENQUÊTE

Pré-Enquête Origine-Destination

OBSERVATIONS - LIGNE PC2

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

INTRODUCTION

Le premier tronçon du tramway T3, du pont de Garigliano à la porte d'Ivry dont les travaux sont en cours, sera mis en service à la fin de l'année 2006 d'après les prévisions. Mais déjà en 2003, la ville de Paris et la région île de France ont inscrit au contrat particulier Département de Paris Région île de France, l'étude de l'extension du tramway dans le boulevard des Maréchaux. Ainsi conformément aux dispositions du code de l'environnement, le conseil d'administration du syndicat des transports d'île de France (STIF) a mandaté la ville de Paris pour saisir la commission nationale de débat public (CNDP) le 8 Avril 2005.

L'extension du Tramway s'inscrit dans la politique régionale d'amélioration et de densification des réseaux de transports publics et participe à la réduction des nuisances, en contribuant notamment à la baisse de l'automobile. Il veut répondre à un besoin croissant de desserte performante en rocade, améliorer le maillage des transports collectifs, la desserte locale à Paris et des communes limitrophes, améliorer l'accessibilité des transports urbains et des cheminements et enfin réaménager le paysage urbain et la répartition de l'espace. Le prolongement se fera entre la porte d'Ivry et la porte de chapelle pour une longueur de 13.5 à 14.5 kilomètres selon le tracé retenu sur les boulevards des maréchaux.

L'objectif de notre projet est de susciter un débat autour de la question
« L'argumentaire du développement durable est –il pris en compte dans le projet d'extension du tramway ? »

Pour y parvenir, nous allons en premier lieu rappeler les différentes définitions de la notion de développement durable et définir les critères pour un système de transport urbain durable, en second lieu, présenter les différents arguments et positions des acteurs. La troisième partie consistera à faire une comparaison et une analyse des différentes modes (Bus, Tramway, Trolleybus) par rapports aux critères de développement durable et l'analyse des résultats de notre enquête préliminaire.

DEVELOPPEMENT DURABLE ET SYSTEME DE TRANSPORT URBAIN

Définition de la notion de développement durable

Vers les années 60, le contexte mondial est marqué par :

- une croissance exponentielle de la population ;
- une demande de plus en plus importante d'énergie fossile (pétrole, gaz..) avec l'arrivée de nouveaux consommateurs comme les pays émergents la Chine, l'Inde
- la diminution des réserves énergétiques ;
- une faible croissance économique des pays industrialisés ;
- la montée des préoccupations environnementales avec l'hypothèse d'un dérèglement de l'effet de serre et d'un réchauffement global dû aux activités humaines.

Cette situation a suscité, auprès des politiques, des organisations et des scientifiques des réflexions sur la question d'une réorientation de notre mode de développement. Ces réflexions ont donné naissance à la notion de développement durable.

Ainsi plusieurs définitions du concept développement durable ont vu le jour. En voici quelques unes admises par les spécialistes :

« Le développement durable est un mode de développement qui répond aux besoins du présent tout en préservant les besoins des générations futures et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis à qui il convient d'accorder la plus grande priorité (...) »

Cette définition, la plus générale et la plus répandue, a été popularisée par le rapport Brundtland "Notre avenir à tous" de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement (Nations Unies, New-York, 1987, traduction française aux Editions du Fleuve, Montréal, 1988, 432 pages). Madame Gro Harlem BRUNTLAND a été Premier Ministre de la Norvège.

Le développement durable est "une politique et une stratégie visant à assurer la continuité dans le temps du développement économique et social, dans le

respect de l'environnement, et sans compromettre les ressources naturelles indispensables à l'activité humaine".

Définition du cinquième Programme communautaire de l'Union Européenne en matière d'environnement, intitulé "Vers un développement soutenable" (1993-2000).

Nous voyons à travers les définitions, que le développement durable impose une vision intégrée, dans laquelle le développement économique ne peut être dissocié des aspects sociaux et environnementaux.

Quelques dates marquantes

Quelques dates marquent la progression de la réflexion sur le concept de développement durable et de sa diffusion.

- **1971 Dans la lignée des travaux des économistes du "Club de Rome"**, le rapport "Halte à la croissance" (The Limits to Growth, publication du Massachussets Institute of Technology, 1972) dénonce le danger que représente une croissance économique et démographique exponentielle, du point de vue de l'épuisement des ressources, de la surexploitation des systèmes naturels et de la satisfaction des besoins des populations.
- **1972 Conférence de Stockholm sur "l'environnement naturel de l'Homme"**. Organisée par les Nations Unies, cette conférence est l'occasion de définir un "écodéveloppement" : un modèle de développement compatible avec l'équité sociale et la prudence écologique, qui serait basé sur la satisfaction des besoins plutôt que sur une augmentation incontrôlée de l'offre.
- **1987 La Commission mondiale sur l'environnement et le développement publie son rapport "Notre avenir à tous"**. Ce rapport, aussi intitulé "rapport Brundtland", du nom de la présidente de la commission, énonce une première définition du développement durable.
- **1992 Sommet de la Terre de Rio de Janeiro. Cette nouvelle conférence des Nations Unies sur "l'environnement et le développement"** réunit 178 Etats et des milliers d'associations. Elle débouche sur une Déclaration en 27 principes (Déclaration de Rio) et sur un programme d'action pour le 21ème

siècle, Actions 21. Le chapitre 28 d'Actions 21 préconise aux collectivités locales du monde entier de se doter de leur propre programme, un "Agenda 21 local".

Les Etats présents signent également deux conventions-cadre, l'une relative à la biodiversité, l'autre au changement climatique.

- **1994 La Charte d'Aalborg lance la "Campagne européenne des villes et territoires durables".** Réunis à Aalborg au Danemark, les représentants de 80 villes européennes adoptent une "Charte des villes européennes pour la durabilité", et s'engagent à élaborer leur Agenda 21 local. En septembre 2003, plus de 1900 collectivités locales de tous les pays d'Europe avaient adhéré à la Charte.
- **1997 Le Protocole de Kyoto détermine pour les pays développés des objectifs de réduction ou de limitation de leurs émissions de six gaz à effet de serre, dont le dioxyde de carbone.** Le protocole est intégré à la convention-cadre de Rio sur le changement climatique. Les objectifs, chiffrés et juridiquement contraignants, sont fixés à l'horizon 2008-2012, par rapport à l'année de référence 1990. L'Union Européenne se voit assigner un objectif de réduction de 8%, la France devant contribuer à cet effort en stabilisant ses propres émissions. Le protocole a été ratifié à ce jour par plus de 110 pays, et doit rentrer en vigueur en 2003.
- **2002 Sommet mondial sur le développement durable de Johannesburg.** Dix ans après Rio, les 180 Etats représentés dressent un bilan mitigé du respect des engagements pris. Une nouvelle déclaration est adoptée, ainsi qu'un plan d'actions ciblé autour de grandes priorités :
 - Réduction de moitié du nombre de personnes privées d'accès à l'eau potable (1,2 milliards d'individus sur Terre) et à l'assainissement (2 milliards d'individus) ; c'est le seul objectif chiffré du plan d'actions.
 - Accroissement de la part des sources d'énergies renouvelables dans la production énergétique mondiale.

- Lutte contre la pauvreté à travers la création d'un fonds de solidarité mondial.
- Evolution des modes de production et de consommation, amélioration de la performance écologique et sociale des systèmes industriels.
- Aide publique aux pratiques agricoles écologiquement viables.
- Développement des connaissances sur les liens entre santé et environnement.

L'association des transports du Canada (ATC) propose les caractéristiques suivantes pour un système de transport urbain durable :

Sur le plan économique, le système de transport doit être conçu et fonctionner de manière à optimiser l'efficacité économique et à minimiser les coûts. Il doit adopter des mesures pour soutenir une économie forte, vibrante et diversifiée et être abordable financièrement dans chaque génération.

Sur le plan social, le système doit fournir un accès équitable aux personnes et à leurs biens pour toute génération et pour les générations futures, améliorer la santé humaine, favoriser la meilleure qualité de vie compatible avec la prospérité, faciliter le développement urbain à l'échelle humaine, limiter l'intrusion du bruit sous les niveaux acceptés par les collectivités et enfin être sûr pour les personnes et leurs propriétés.

Sur le plan environnement, le système doit limiter les émissions et les déchets (qui polluent l'air, le sol et l'eau) dans les limites des capacités de la région urbaine de les absorber et de les recycler. Il doit favoriser également l'alimentation des véhicules avec des sources d'énergie renouvelables ou inépuisables et faciliter le recyclage des ressources naturelles utilisées dans les véhicules et dans l'infrastructure.

Ainsi pour faciliter les déplacements et la mobilité dans le cadre du développement durable, beaucoup de villes ont élaborés des politiques et de projets pour valoriser des modes comme les Bus, métro, tramway, train, vélo, marches à pied, véhicules propres et covoiturage. L'objet de notre travail est de voir si « **L'extension du tramway des maréchaux comme elle est prévue, constitue-t-elle une réponse pertinente en terme de développement durable** »

Pour y répondre, nous allons faire une évaluation comparative des différents modes (bus en site propre, tram, trolleybus ...) en appliquant les critères autour de quelques indicateurs plus objectivables.

- **Pour l'économique**, deux pistes de recherche paraissent importantes. Premièrement avoir une idée relativement précise de l'efficacité relative des différents modes : bus ou trolley (12m, 18m, 25m) et tram (30m, 40m, 60m et 80m) intégrant les coûts d'investissements et d'exploitation, tenant compte de la longévité des équipements fixes et mobiles. Ce calcul du coût sera rapporté à l'efficacité physique du système de transport. Par système de transport, il faudra bien dissocier ce qui est de l'ordre de la conception du site de ce qui est lié au type de matériel. L'exemple de Curitiba montre en effet que l'efficacité d'un mode n'est pas liée exclusivement à la technologie des matériels roulants. Des voies réservées, des priorités aux feux ou des stations avec validation des titres à quai n'appartiennent pas à un mode spécifique mais peuvent « s'hybrider » avec n'importe quelle technologie. L'intérêt de ce calcul économique réside essentiellement dans la capacité à pouvoir appréhender des stratégies de réseaux qui articulent capacité de financement et gestion temporelle. Deuxièmement, il faut prendre en compte les externalités propre à chaque mode dans cette comparaison de l'efficacité. Ce second point est à traiter en lien avec les questions sociale et environnementale
- **Pour le social**, le critère de l'équité d'accès peut probablement se déduire, pour une part importante, en ce qui concerne les systèmes de transport en commun, de la topographie du réseau. Ce n'est pas tant la ligne qui nous intéresse que le maillage pour analyser l'accessibilité d'un réseau. Le maillage n'est pas simplement donné par l'existence physique de lignes, réductibles à leur tracé, mais il intègre l'organisation temporelle de ces lignes. C'est au travers des relations spatio-temporelles, les correspondances, qui s'organisent au sein d'un réseau que l'on peut appréhender la manière dont l'espace urbain se hiérarchise du point de vue de la mobilité. L'aspect physique du réseau n'est pas le seul critère d'accessibilité. Il existe naturellement aussi une question autour des conditions économiques d'accès à ce réseau et/ou à la mobilité. Ces deux points, morphologie et économie du réseau, sont essentiels pour pouvoir

qualifier l'accessibilité à une mobilité. Il est probable que dans le cadre de ce projet il soit nécessaire de privilégier un seul de ces deux aspects.

- **Pour l'environnement**, l'approche se fera à la fois sur la base de l'analyse du cycle de vie des matériaux utilisés pour produire une ligne de transport (infrastructure et matériel roulant) et sur l'analyse du type « from well to wheel » qui ne se cantonne pas à l'analyse des consommations d'énergie mais intègre la logique de production de cette énergie. À consommation égale, des biocarburants n'ont pas le même bilan environnemental que la consommation d'énergie fossile.

L'EXTENSION DU TRAMWAY PARISIEN

Présentation du projet

Pour bien comprendre ce projet, l'analyse du dossier du maître d'ouvrage était nécessaire. C'est le dossier du débat public « Extension du tramway (T3) à Paris » qui est réalisé par la Ville de Paris sur mandat du STIF (Syndicat des Transports d'Ile-de-France), en partenariat avec la Région Ile-de-France et la RATP.

Introduction du projet

Le premier tronçon du tramway T3, du pont du Gargliano à la porte d'Ivry sera mis en service à la fin de l'année 2006. Le projet d'extension du tramway T3 est un achèvement sur le prolongement de cette ligne vers la Porte de La Chapelle à l'est et vers la porte d'Auteuil à l'ouest. La mise en service du tramway sur l'extension est envisagée pour 2012.

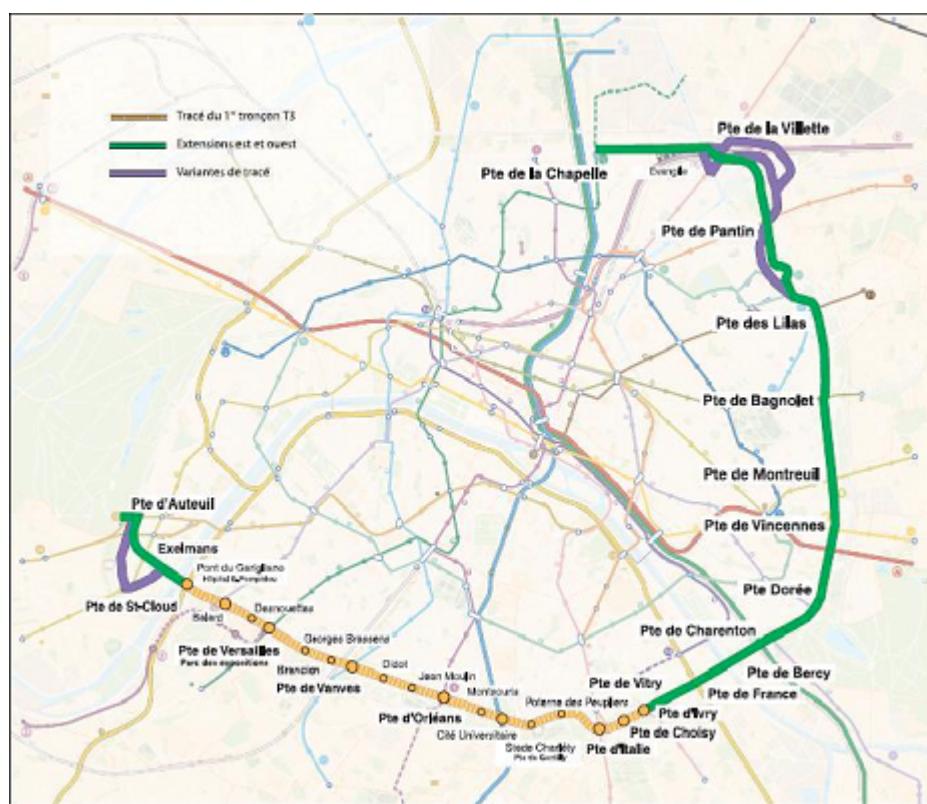


Figure 01 : Plan de l'extension du Tramway. (Source : Extension du tramway(T3) à Paris, Mairie de Paris, Région Ile-de-France, RATP, STIF).

- Un tracé prévisionnel d'environ : 14 km à l'est / 2 km à l'ouest.
 - 7 arrondissements desservis (13ème, 12ème, 20ème, 19ème et 18ème à l'est ; 15ème et 16ème à l'ouest).

- 12 communes limitrophes et 3 départements concernés.
- Matériel roulant devra être compatible avec celui qui est prévu sur la première section du tramway T3 (le Citadis 402 d'Alstom) qui a une capacité de 304 places dont 78 assises et a une longueur de 45 mètres et une largeur de 2.65 mètres.
- Les horaires de l'exploitation seront les mêmes que ceux de métro qui sont entre 5h et 0h30.
- L'intervalle sera d'un tramway toutes les 4 minutes aux heures de pointe et toutes les 8 minutes aux heures creuses.
- La priorité du tramway aux carrefours permettra d'atteindre une vitesse commerciale élevée. L'objectif de vitesse commerciale est de 20 km/h.
- Le report modal de voiture espéré vers TC est de 6 %.

Objectifs

Il y a 3 objectifs en termes de « transports » qui sont de répondre à un besoin croissant de desserte performante en rocade, d'optimiser le maillage des transports collectifs, et d'améliorer l'accessibilité des transports urbains et des cheminements. Il y a aussi 2 objectifs en termes de « requalification urbaine » qui sont de réaménager le paysage urbain et la répartition de l'espace et d'améliorer la qualité de vie des riverains et usagers.

Analyse des déplacements

Selon l'Enquête Globale de Transport par DREIF(Direction régionale de l'Équipement Ile-de-France) en 2001, des déplacements internes à la petite couronne ont augmenté de 9% entre 1991 et 2001 et les déplacements automobile à Paris ont diminué de 14% entre 2001 et 2005. En moyenne, 14 millions de déplacements sont effectués quotidiennement dans le territoire constitué par la Ville de Paris, la Seine-Saint-Denis et le Val-de-Marne. **87 %** sont effectués à l'intérieur d'un même département et 13 % d'un département à un autre.

Tableau 01 : Déplacements quotidiens en 2001, selon le département d'origine et de destination, en mille.

Origine	Destination	Paris	Seine-Saint-Denis	Val-de-Marne	Total
	Paris	6 572	378	384	7 334
	Seine-Saint-Denis	390	3 177	138	3 705
	Val-de-Marne	379	139	2 627	3 145
	Total	7 341	3 694	3 149	14 184

Source : DREIF*, Enquête Globale de Transport, 2001.

Quant au mode de déplacement, le recours à la voiture particulière varie selon les départements concernés par le déplacement. En effet, l'analyse des parts modales selon la liaison géographique montre que près des deux tiers des déplacements en provenance ou à destination de Paris sont effectués en transport en commun et un tiers en voiture particulière ou véhicule utilitaire. L'importance de l'automobile est considérable dans les déplacements entre la Seine-Saint-Denis et le Val-de-Marne avec trois quarts des déplacements. Donc, la part des transports en commun dans l'ensemble des déplacements internes atteint 12,5 % alors que la part de l'automobile dépasse les 40 %. L'attractivité du mode de transport tramway devrait contribuer à un report modal significatif de l'automobile vers les transports collectifs pour les déplacements en rocade interne à la petite couronne.

Tableau 02: Modes de déplacement.

	Transport collectif	Voiture particulière- véhicule utilitaire	Autre mode mécanisé [2 roues, taxi]	Marche
Paris ↔ Seine-Saint-Denis	62,0 %	32,9 %	3,0 %	2,1 %
Paris ↔ Val-de-Marne	57,5 %	37,7 %	3,0 %	1,7 %
Seine-Saint-Denis ↔ Val-de-Marne	21,3 %	75,5 %	1,1 %	2,2 %
Internes à Paris	28,7 %	12,7 %	3,7 %	54,8 %
Internes Seine-Saint-Denis	10,5 %	38,9 %	1,5 %	49,1 %
Internes Val-de-Marne	10,2 %	44,4 %	1,6 %	43,8 %
Total	24,4 %	28,1 %	2,7 %	44,8 %

Source : DREIF*, Enquête Globale de Transport, 2001.

Estimation du trafic

Le système de transport par bus PC a atteint sa limite de capacité et d'évolution. Selon leur enquête de la ligne de bus PC2, sur les boulevards des Maréchaux, entre la porte d'Ivry et la porte de la Villette, établi entre octobre 2003 et juin 2004, le trafic journalier de cette ligne est de 50 000 voyageurs/jour. Les utilisateurs à l'heure de pointe la plus chargée (entre 8 et 9 heures le matin) sont 4 900. La charge maximale se situe entre la porte de Bagnolet et la porte de Montreuil dans les deux sens, avec 1400 voyageurs/heure entre 8h00 et 9h00 à l'arrêt Saint-Blaise en direction de Porte d'Ivry. Ceci représente un taux de charge (nombre de voyageurs par rapport à la capacité de transport théorique des autobus) de 123 %, avec un intervalle de 5 minutes entre deux autobus et la capacité de 100 personnes dans un bus.

Choix du mode

Ils ont conçu la nécessité du système de transport en commun en site propre pour constituer une alternative à l'automobile. Il faut être confortable et garantir une vitesse commerciale élevée, être fiable et régulier et, enfin, offrir aux voyageurs une information satisfaisante, en station et dans les voitures.

La raison que le bus n'est pas choisi est que les lignes PC ont atteint un niveau de saturation. Pour répondre de façon satisfaisante aux besoins de déplacements, la fréquence des bus PC devrait passer à un véhicule toutes les 2 minutes. Mais, selon leur test de la fréquence, cette réduction de l'écart entre deux véhicules ne permettrait

pas d'augmenter l'offre de transport dans de bonnes conditions de fiabilité et de régularité. Le test a été fait le 27 mai 2003, de 7h30 à 9h00 du matin, à l'occasion de l'enquête publique sur la première tranche du tramway T3 entre la porte d'Ivry et la porte de Saint-Cloud. L'intervalle entre deux voitures de trois minutes (20 autobus à l'heure depuis le début de 2003) a augmentée à deux minutes. Ils ont constaté que des « trains » d'autobus se formaient en ralentissant considérablement leur vitesse et en désorganisant les intervalles de passage entre les voitures.

Dans ce test, l'expérience a été réalisée sur la première tranche du tramway T3 mais pas sur la tranche de l'extension. Les bus ne circulaient pas en site propre et il n'y avait pas la priorité de feu. Donc, le résultat ne pourrait pas être égal sur la tranche de l'extension et la condition de la comparaison entre le tramway et le bus n'était pas la même. En plus, la charge maximale qui est 1400 voyageur/heure (voir Estimation du trafic) est inférieure à 1500 voyageur/heure qui est la capacité maximale du bus avec l'intervalle minimum de 4 minutes selon le dossier. En outre, l'augmentation de la capacité de bus n'était pas considérée comme le bus bi-articulé.

Les coûts

Selon la première estimation au 1er janvier 2004, (hors déviation des réseaux) le coût des travaux s'élève à 547 millions d'euros. La répartition de coût des travaux est présentée dans le tableau. L'estimation du coût de matériel roulant est 58 millions d'euros.

Tableau 03 : les coûts du tramway.

Système de transport	188
Atelier garage	80
Aménagements de voirie	159
Ouvrages d'art	70
Aménagements qualitatifs (revêtements, aménagements paysagers, mobilier urbain, etc.)	50
Matériel roulant (23 rames)	58
Total	605

Gains environnementaux

D'abord, la réduction de la circulation automobile se traduira par un gain énergétique. Le bilan énergétique pour le premier tronçon du tramway T3 (7,9 km) a été élaboré. La circulation des rames de tramway emmènera une consommation en énergie électrique de 4,3 gigawatts/heure par an, soit 357 tonnes d'équivalent pétrole(TEP). La suppression de la ligne PC économisera 1 015 000 litres de

carburant par an, soit 876 TEP. On estime donc des économies d'énergie de 519 TEP par an entre le pont du Garigliano et la porte d'Ivry. Pour l'extension du tramway (13,5 à 14,5 km), on peut économiser environ 950 TEP.

Mais, ce bilan énergétique a été fait seulement dans la phase de l'exploitation. Il faut considérer aussi la consommation de l'énergie dans la phase des travaux et dans la phase de la production et du transport des matériaux (ex. l'acier pour rail).

Le tramway contribuera à la réduction du trafic automobile, principale cause des nuisances sonores et de la pollution de l'air. Il permettra une réduction significative des pollutions au profit de la tranquillité et de la santé des riverains et des usagers de la voirie.

Requalification urbaine

Le projet d'extension du tramway T3 aura pour conséquence une reconfiguration urbaine complète des espaces publics. Il pourrait donner une image nouvelle aux boulevards et à leur périphérie. Ensuite, il y a les espaces « majeurs » qui vont être réaménagées pour la mise en place du tramway. Plusieurs espaces majeurs ont déjà été identifiés (la porte de Vitry, la porte de Charenton, la porte Dorée, la porte de Vincennes, la porte de Bagnolet, la porte des Lilas, la porte de Pantin, la porte de la Villette, la porte d'Aubervilliers, la porte de La Chapelle). Par la suite, pour renforcer l'espace verte, ils vont créer une trame végétale et planter des arbres sur les boulevards des Maréchaux. Par exemple, pour la première phase du tramway T3, 36 000 m² de gazon et un millier d'arbres ont été plantés. Enfin, les aménagements des espaces publics vont renforcer les fonctions des centres de quartiers existants et permettre d'en développer de nouveaux aux abords des équipements publics, autour des commerces de proximité et des sites d'interconnexion des transports en commun.

Statu en point de vue du développement durable

Suite à l'analyse du projet avec le dossier du maître d'ouvrage, nous avons conçu quelques points manquants en termes de développement durable.

Considération du cycle de vie

En ce qui concerne les gains environnementaux, ils ont dit que la consommation d'énergie et la pollution atmosphérique seront significativement diminuées avec la réduction de la circulation automobile. Mais, ils n'ont pas considéré que la phase de l'utilisation des

véhicules. Par exemple, pour produire l'acier pour le rail, il faut la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre et des polluants. Si on considère la phase du transport et aussi la phase de la construction des infrastructures, la quantité de la consommation d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre et des polluants augmente considérablement. Pour mieux savoir les impacts environnementaux, il faut regarder les impacts dans les différentes étapes de son cycle de vie (la fabrication, la construction, l'utilisation, la fin de vie et le transport entre chaque étape).

Comparaison des différents modes

La raison que le bus n'est pas choisi est que les lignes PC ont atteint un niveau de saturation. Dans l'expérience pour la possibilité d'augmenter la fréquence du bus, ils n'ont pas considéré qu'on puisse améliorer le système de bus. Si on circule le bus sur les voies réservés et avec la priorité de feux, on pourrait avoir la même vitesse et la régularité que le tramway, donc on pourrait augmenter la fréquence. Pour l'augmentation de la capacité de bus, c'est possible de considérer aussi le bus bi-articulé.

Pour la comparaison de différents modes, la condition de la comparaison doit être même. La comparaison des impacts environnementaux des modes doit être réalisée dans les différentes étapes de cycle de vie.

Réseau

Selon le tableau du Déplacements quotidiens en 2001, selon le département d'origine et de destination, les déplacements entre banlieue et banlieue qui ne concernent pas Paris sont de 43%. Mais, la ligne du projet est presque la même que le bus PC. Est-ce que ces déplacements sont considérés dans le réseau ?

Report modal

Le report modal estimé est de 6% par l'extension du tramway T3. Selon le tableau du Déplacements quotidiens en 2001, selon le département d'origine et de destination, les déplacements qui concernent Paris sont 57%. Dans les déplacements entre Paris et banlieue, le taux de l'utilisation des transports collectifs est plus de 50% qui sont déjà très haut selon le tableau des Modes de déplacement. Il est difficile d'avoir le report modal sur ces déplacements. Parmi les déplacements internes de Paris, le taux de l'utilisation de voitures particulières ou de véhicules utilitaires est très faible. Donc, le

report modal sera effectué parmi les déplacements entre banlieue et banlieue où le réseau n'est pas bien intégré pour ces déplacements. Est-ce que 6% du report modal vers les transports collectifs sera possible ?

Trame végétale

Pour créer un trame végétale, ils vont planter la quantité énorme de gazon au long de rail sur les boulevards des Maréchaux. Avec la couleur verte, ça deviendra agréable comme le paysage. Cependant, pour entretenir le gazon, ça coûtera cher pendant toute l'exploitation du tramway et les produits chimiques seront nécessaires. Quand il pleut, ces produits chimiques vont s'écouler avec l'eau et ils vont contaminer la nappe phréatique et le sol.

Les différents acteurs

Il y a aussi d'autres acteurs. Ici, les acteurs qui participent dans le débat public seront présentés. Ils peuvent être divisés par cinq types. Le premier est une association des habitants ou des commerçants qui sont dans les quartiers qui seront touchés par l'extension de tramway. Ils sont très favorables ou fortement opposés à l'extension en raison des impacts des travaux ou du tramway. Le deuxième est une association du piéton ou des cyclistes. Ils sont plutôt favorables et ils proposent des idées de requalification urbaine pour leurs meilleurs accès et confort. Pour le troisième, il y a deux associations qui proposent d'utiliser la Petite Ceinture pour l'extension. Cette option a été considérée par la Maîtrise d'ouvrage, mais après des études comparant les boulevards des Maréchaux et la Petite Ceinture. Les boulevards des Maréchaux ont été choisis pour la raison de meilleur fonctionnement. Il y a aussi d'autres associations. Tous les acteurs sont présentés dans l'annexe.

Arguments de l' « Association orbitale »

Parmi quatorze acteurs qui sont présentés dans le débat public, nous avons trouvé que les arguments de l' « Association orbitale » étaient intéressants. Quatre points sont été soulignés comme des arguments forts.

Le premier argument de l'Association orbitale est notamment que la ligne de bus PC2 ne serait pas saturée. Les statistiques de fréquentation indiquent que le trafic de la ligne PC2 a tendance à stagner. C'est théoriquement possible d'augmenter la capacité de la ligne PC2 d'au moins 50% avec une fréquence de 12 passages à l'heure de pointe, contre 18 pour la ligne 26. En plus, un système de régulation des feux assurerait une meilleure régularité de la ligne.

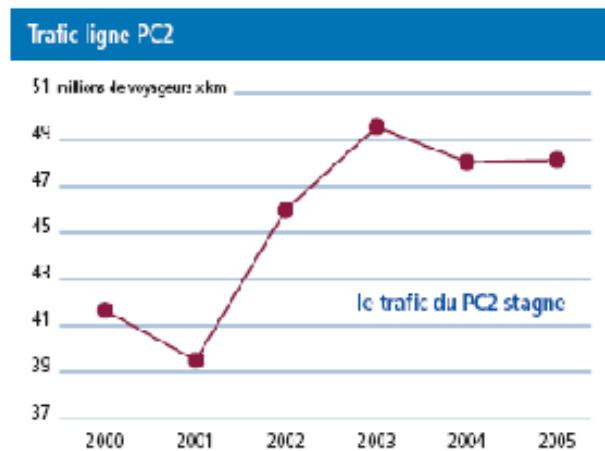


Figure 02: Graphe de l'évolution du trafic sur la ligne PC2. Source : Cahier d'acteurs n°12.

Deuxièmement, ils ont souligné sur la dégradation de l'accessibilité et les cheminements. La distance moyenne entre deux stations de tramway sera 520 m qui est supérieur à celle de bus PC (395m) pour avoir la vitesse commerciale de 20 km/h. Le nombre des stations de bus sera diminué de 37 à entre 22 et 27, soit diminution de 28 % à 43 %.

Troisièmement, comme le projet d'extension du T3 reprend quasi-intégralement les tracés des autobus PC2 et PC3, il n'améliore pas les correspondances ni le maillage avec le TC.

Dernièrement, ils constatent que la requalification urbaine relève purement de la volonté politique et ne nécessite pas de tramway. Donc, coupler une requalification urbaine avec un tramway peut même retarder les projets en raison des procédures administratives lourdes.

PLAN ÉCONOMIQUE

Coût d'Investissement d'un tramway

En 2002, le Syndicat des transports d'Ile-de-France (STIF) a estimé des coûts du prolongement de la rocade tramway des Maréchaux à l'est de la Porte d'Ivry. Selon son rapport¹, il y a principalement trois éléments de coûts d'investissement. Ce sont le coût des infrastructures, le coût des ateliers/garages et Matériel roulant.

Le coût des infrastructures est composé des travaux de la ligne de tramway, des travaux de voirie et des travaux sur ouvrages. Le coût de la requalification des boulevards est aussi inclue. Le Tableau ci-dessous présente les éléments de coût et moyenne pourcentage de coût total estimé par le STIF.

Tableau 04: Coût d'Investissement d'un tramway

En M€ HT conditions économiques 1/01/2001	% de coût total
1. Coût des infrastructures	
- Travaux ligne de tramway	29
- Travaux de voirie	30
- Travaux sur ouvrages	9
Requalification des boulevards	11
2. Coût des ateliers / garages	9
3. Matériel roulant	12

À partir de ce tableau, on peut noter qu'il y a un coût lié aux acquisitions foncières, et à la provision pour sujétions ferroviaires (coûts supplémentaires liés à la réalisation d'ouvrages franchissant des voies ferrées en exploitation).

Coût d'Investissement par km

Selon EDF, l'investissement moyen / km de ligne de tramway est 16 à 25 Millions d'euro². Tableau.2 ci-dessous montre des projets (Île-de-France) et leurs longueurs, coûts, coût / longueur et les sources. On peut trouver que le coût moyen par un km de ligne de tramway coûte environ 20-40 M€. La moyenne est 29.0 M€/km. Cela est plus grand que l'estimation d'EDF. Ça peut être à cause du coût élevé de terrain.etc dans île-de-France.

¹ STIF, ETUDE DE LA FAISABILITE ET DE L'INTERET DU PROLONGEMENT DE LA ROCADE TRAMWAY DES MARECHAUX A L'EST DE LA PORTE D'IVRY, Juin 2002

² <http://transports.edf.fr/54010i/Accueilfr/Transport/Documentation.html>

Tableau 05 : Coût d'Investissement par km

Projet	A. Longueur (km)	B. Coût (M€)	B/A (M€/km)	Source
Maréchaux Sud (Pont du Garigliano - Porte d'Ivry)	7.9	311.51	39.4	*
Porte d'Ivry - Porte de Charenton	2.4	75.9	31.6	***
Porte d'Ivry - Porte de Bagnolet	6.45	197.3	30.6	***
Porte d'Ivry - Porte de la Villette	11.15	314.4	28.2	***
Porte d'Ivry - Porte de la Chapelle	13.35	381.7	28.6	***
T2 (Issy-Val-de-Seine - Porte de Versailles)	2.3	72.5	31.5	**
T1 (Gare de St Denis – Asnières-Gennevilliers-AGIII)	4.9	119.02	24.3	**
Châtillon – Viroflay	13.7	282.15	20.6	**
Saint Denis – Sarcelles	6.6	150.44	22.8	**
Villejuif - Athis-Mons	11	264	24.0	**
T1 (Noisy le Sec - Montreuil Théophile Sueur)	5.5	208	37.8	**
Moyenne	-	-	29.0	-

* www.tramway.paris.fr

** extension-reseau.ratp.fr

*** STIF

Coût d'exploitation du tramway

Selon le rapport³ du site Internet d'extension-reseau.ratp.fr, il y a principalement deux éléments de coûts d'exploitation. Ce sont les charges directes de fonctionnement et les amortissements. Les charges directes de fonctionnement sont composées des dépenses d'exploitation des lignes (hors énergie), entretien du matériel roulant et entretien des installations fixes. Le tableau.3 ci-après donne l'évaluation détaillée de l'incidence du prolongement sur le compte d'exploitation de la RATP pour l'année 2011 (aux conditions économiques de janvier 2003).

Tableau 06 : Coût d'exploitation du tramway

En M€ 2003)	% de coût total
1. CHARGES DIRECTES DE FONCTIONNEMENT	44%
- Dépenses d'exploitation des lignes (hors énergie)	20%
- Entretien du matériel roulant	5%
- Entretien des installations fixes	14%
- Consommation d'énergie	1%
- Taxe professionnelle + taxe foncière	4%
AMORTISSEMENTS	12%

Coût d'exploitation par km

³ extension-reseau.ratp.fr, Dossier d'enquête préalable à la Déclaration d'utilité publique (PROLONGEMENT DE LA LIGNE DE TRAMWAY T1 DE SAINT-DENIS A ASNIERES-GENNEVILLIERS (AG III)) – AOUT 2005

Le Tableau suivant montre des projets (Île-de-France) et leurs longueurs, coûts, coût / longueur et les sources. On peut trouver que le coût moyen par un km de ligne de tramway coûte environ 0,6-1.0 M€. Le moyenne est 0,81 M€/km.

Tableau 07: Coût d'exploitation par km

Projet	A. Longueur (km)	B. Coût (M€)	B/A (M€/km)	Source
Porte d'Ivry - Porte de Charenton	2.4	2	0.83	***
Porte d'Ivry - Porte de Bagnolet	6.45	5.3	0.82	***
Porte d'Ivry - Porte de la Villette	11.15	9.1	0.82	***
Porte d'Ivry - Porte de la Chapelle	13.35	10.9	0.82	***
T1 (Gare de St Denis - Asnières-Gennevilliers-AGIII)	4.9	4.944	1.01	****
Châtillon - Viroflay	13.7	7.7	0.56	*****
Moyenne	-	-	0.81	-

Sources : *** STIF ; **** DOSSIER D'ENQUETE PREALABLE A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE – AOUT 2005 ; ***** DOSSIER D'ENQUETE PREALABLE A LA DECLARATION D'UTILITE PUBLIQUE – septembre 2004.

Coût d'Investissement du trolleybus

Selon EDF, le coût d'investissement du trolleybus en site propre est de 4 à 6 Millions d'euros. Et le coût d'investissement du trolleybus en site banalisé est 1 à 2 Millions d'euro⁴.

La figure suivante présente la comparaison des différentes filières de véhicules. Si on vise sur le coût d'exploitation du trolleybus électrique, c'est aussi bon que celui de diesel.

⁴ <http://transports.edf.fr/54010i/Accueilfr/Transport/Documentation.html>

Tableau 08 : Comparaison des différentes filières de véhicules. (Source : EDF).

Filières de véhicules	Pollution				Coût d'exploitation	Perception des utilisateurs	
	CO	HC	NOX	CO ₂		Bruits, odeurs	Image
• Diesel	=	=	=	=	=	=	=
• Gaz	=	=	+	+	-	+	+
• Diester	=	=	=	+	-	+	+
• Electrique							
- Tramway	+	+	+	+	=	+	+
- Trolleybus	+	+	+	+	=	+	+
- Bus	+	+	+	+	-	+	+

— Similaire au diesel
+ Mieux que le diesel
- Moins bien que le diesel

Lors d'un récent colloque sur le trolleybus à Lyon, EDF a présenté les résultats d'une étude économique sur le coût de ce mode par rapport à un bus diésel.

- Le coût complet représente l'ensemble des coûts d'investissement et d'exploitation sur toute la durée de vie du matériel.
- Sur les bases actuelles, l'écart du coût complet entre le trolleybus et le bus diésel est compris entre 8,5% et 19,5%. La figure montre le coût d'exploitation selon chaque mode.

Tableau 09 : Comparaison des différentes modes.

	Coût Véhicules (M€)	Capacité moyenne	Coût moy./place (k€)	Durée de vie (ans)	Coût moy./place sur 30 ans (k€)
Bus standard	0,19 à 0,22	80	2,5	10 à 15	5 à 7,5
Bus articulé	0,25 à 0,35	120	2,5	10 à 15	5 à 7,5
Trolleybus standard	0,4 à 0,5	80	5,6	20 à 25	6,7 à 8,4
Trolleybus articulé	0,6 à 0,8	120	5,6	20 à 25	6,7 à 8,4
Tram/pneus	1,9 à 2,3	120 à 200	11,5 à 16	25 à 30	11,5 à 18
Tramway ferroviaire	2 à 3	120 à 280	11 à 17	30	11 à 17
Tram-train	3,5	250	14	30	14
Métro léger	2,3 à 3,4	150 à 250	13,5 à 15,5	35	11 à 13
Métro lourd	3,8 à 5,7	250 à 700	8 à 15	35	7 à 13

Données EDF – novembre 2004

Si l'on intègre des hypothèses probables d'augmentation du coût du pétrole et de réduction du coût de fabrication du trolleybus, le coût devient alors identique pour des bus articulés, et limité à 7,5% pour des bus standards.

Les choix alternatif

BHNS (Bus à Haut Niveau de Service)

Caractéristiques : Le BHNS est un concept de transport collectif routier, pour des services structurants du réseau qui satisfont à un ensemble de critères de qualité, intégrant de manière cohérente et pérenne les stations, les véhicules, les voies de circulation, l'identification de la ligne, le plan d'exploitation.

Le « Bus » est ici un mode routier à considérer dans sa conception la plus large :

- Un véhicule non assujettis à suivre, de façon permanente, une trajectoire déterminée par un ou des rails matériels et empruntant l'assiette des routes.
- Une taille standard, articulée ou bi-articulée.
- Une motorisation thermique, électrique (par exemple de type trolleybus), ou bien hybride.
- Un autocar (Classe II et III, selon le règlement de Genève n°36 du 20-03-1958).

Projet en plan (projet de bus en site propre à Paris)

Prolongement TVM Ouest MIN de Rungis/Croix de Berny

- 7 km de prolongement
- La création de 9 nouvelles stations
- Un bus toutes les 4mn en heure de pointe

Prolongement Est du TVM (St. Maur-Créteil/Champigny-les-Boullereaux)

- Un tracé de plus de 4km
- 7 nouvelles stations
- Un bus toutes les 4 minutes en heure de pointe
- État : concertation préalable

Création ligne de bus en site propre (Pompadour/Sucy-Bonneuil)

- 6,8km de desserte
- 9 nouvelles stations et 2 terminus
- un bus toutes les 4mn en heure de pointe
- État : Avant le début des travaux

Création ligne de bus en site propre (Vitry-sur-Seine/Choisy-le-Roy)

- Un tracé de plus de 2,3km
- 6 nouvelles stations
- Un bus toutes les 4 minutes en heure de pointe
- État : Avant concertation préalable

État de travaux

Lancement du projet - Concertation préalable - Enquête publique - Début des travaux - Mise en service. (Source : http://extension-reseau.ratp.fr/recherche_par_projet.html).

Tableau 10 : Coût de l'investissement et Coût de l'exploitation

Agglomération		Nice	Rennes	Lorient	Nantes
Mise en service	an	2004	2005	2007	2007
Longueur	km	5	4,9	4,5	3,6
Coût investissement moyenne	Million €/km	4,12	4,78	5	13,33
Coût investissement global	Million €	20,6	23,4	22,5	48
Coût d'exploitation moyenne	€/km				
Coût d'exploitation annuelle	Million €	-	-	-	-

(Source:

<http://www.transports.equipement.gouv.fr/frontoffice/visupdoc.jsp?id=910&t=1>)

Nice : site propre, extension

Rennes : site propre, extension

Lorient : site propre, première line

Nantes : site propre, bus guidé, 3 lignes, extension mais nouveau système

Trolleybus

Caractéristiques : le trolleybus roule sur pneumatiques, comme l'autobus, mais il est propulsé par un moteur électrique, comme le tramway. Il est alimenté par deux lignes de contact aériennes.

Avantages : Mû par un moteur électrique, le trolleybus est silencieux, non polluant et apte à gravir les pentes. Son coût d'exploitation varie en fonction du coût de l'électricité, mais il est généralement plus faible que celui de l'autobus. Suivant la façon dont il a été construit, la durée de vie de sa caisse est égale ou supérieure à celle de l'autobus (bus diesel : 10 à 12 ans, trolleybus : 22 à 25 ans).

Inconvénients : Le coût d'investissement du trolleybus est plus élevé que celui de l'autobus, d'une part parce qu'il faut construire une double ligne aérienne de contact et d'autre part parce que les véhicules sont plus chers. La double ligne aérienne de contact est parfois perçue comme inesthétique dans les centres historiques des villes, notamment au droit des croisements et des bifurcations, où elles forment des « toiles d'araignées ». Et le matériel roulant est plus cher qu'un bus au diesel

Rentable à moyen terme : comme l'on a vu, la durée de vie du matériel plus importante

Tableau 11: Coût de l'investissement Coût de l'exploitation (Source : EDF).

Intitule		site propre	site banalisé
capacité	per./heure/sens	1500 à 3000	800 à 1500
Coût investissement moyenne	Million euros/km	4 à 6	1 à 2
Coût d'exploitation annuelle	Million euros	15	-

PC bus

La ligne PC est une ligne qui dessert les boulevards qui couronnent Paris. Le tableau suivant montre les 3 lignes de bus qui ont cette fonction et les parcours qu'elles font :

Tableau 12: caractéristiques principales des lignes PCs.

Ligne	Trajet	Matériel	Centre bus	Nb de bus	Equipements
PC 1	Pte de Champerret - Pte de Charenton	Agora - L	Ivry	47	SIEL, UFR
PC 2	Pte d'Ivry - Pte de la Villette	Agora - L	Aubervilliers	25	SIEL, UFR
PC 3	Pte des Lilas - Pte Maillot	Agora - L	Aubervilliers	27	SIEL, UFR

Renault Agora

L'Agora L est un autobus articulé de 18 mètres à 3 et 4 portes. Lancé au printemps 1995 à l'occasion du Congrès de l'UITP à Paris, Agora est une gamme complète d'autobus à plancher surbaissé dont l'accès est facilité aux personnes à mobilité réduite par une hauteur de plancher très faible (320 mm à vide).

Les lignes de bus les plus chargées à Paris sont en ordre décroissante : PC1 > 62 > PC3 > PC2 > 31.

Tableau 13: Moyenne journalière de mardi à vendredi (sauf juillet et août) en nb de voyageurs.

	2003	2004
PC1	76.687	66.104
PC2	50.738	48.037
PC3	51.475	52.820

Source :http://www.debatdeplacements.paris.fr/documentation/telechargement/PDP_Bilan_2004/PDP_Bilan_2004_1-15.pdf

Coût comparaison du bus PC et du tramway des maréchaux sud Comparaison (1euro = 6,55957 franc, 1MF = 152.449 euros)

Le coût total du projet sur la PC est évalué dans l'étude à 1770 MF HT, et pour le projet sur les maréchaux, le coût total est 2103 MF HT (aux conditions économiques de janvier 1996).

Tableau 14 : Comparaison des coûts entre PC bus et tramway.

	PC	Maréchaux
Matériel roulant	550	290
Total des infrastructures	1220	1813
Coût total	1770	2103

Coût des infrastructures du projet sur la PC, comprenant les postes suivants

- Aménagement de la plate-forme existante et réhabilitation des ouvrages : 356
- Aménagement des stations et des accès : 340
- Modification des installations du TVS entre La Défense et Issy-Val-de-Seine : 56
- Aménagement des correspondances avec le métro ou le RER : 175
- Aménagement du garage des Gobelins : 95
- Extension de l'atelier d'Issy-les-Moulineaux : 53
- Mise en place de protections phoniques : 145

Coût des infrastructures de projet sur les maréchaux, comprenant les postes suivants

- Déplacements de réseaux (provision) : 200
- Acquisitions foncières : 5
- Aménagement de la plate-forme et des stations (y compris équipements) : 465
- Recalibrage des boulevards des Maréchaux (hors plate-forme tramway) : 405
- Aménagement de voirie sur les voies des HBM : 195
- Autres aménagement de voiries (provision) : 300
- Aménagement d'un passage souterrain à Cité Universitaire : 35
- Aménagement du garage des Gobelins : 95
- Extension de l'atelier d'Issy-les-Moulineaux : 53
- Trémie de raccordement au TVS : 60

Le projet sur la PC a donc un coût moindre, quoi que du même ordre de grandeur. Il est en cela plus intéressant que celui sur les Maréchaux, d'autant plus que l'offre de transport sur la PC est supérieure.

Cependant, l'étude détaillée ci-dessus ne contient pas le bilan socio-économique exact des deux projets. La donnée du coût d'investissement et des performances attendues pour les deux projets nous permet d'esquisser une comparaison. Le projet PC, possédant de meilleures performances en terme de capacité, de vitesse commerciale et de prévision de trafic, permettra un gain de mobilité plus important (mieux valorisé financièrement) pour un coût moindre.

PLAN SOCIAL

Accès aux Transports en commun

Maillage de Métro et RER

Métro et RER sont normalement plus crédibles que les réseaux de bus en ce qui concerne la fréquence et la ponctualité. Les réseaux de métro et de RER ont une structure comme ils se réunissent au centre de Paris (fig.1). Subséquemment, plus loin de centre de Paris, plus faible est la densité des réseaux. En plus, des déplacements entre des quartiers qui sont proches au périphérique en métro ne sont pas très efficaces, parce que l'on doit une fois aller au centre de Paris. Il y a des bus sur le boulevard de Maréchaux, mais il faut toujours prendre compte des embouteillages.

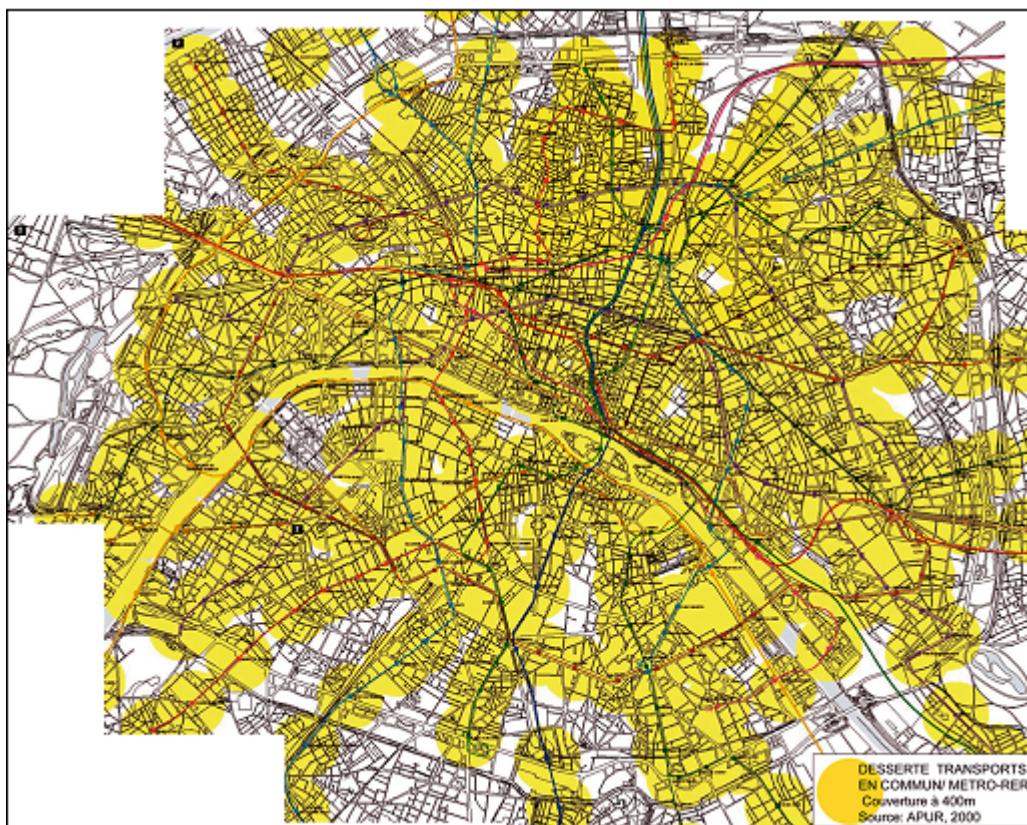
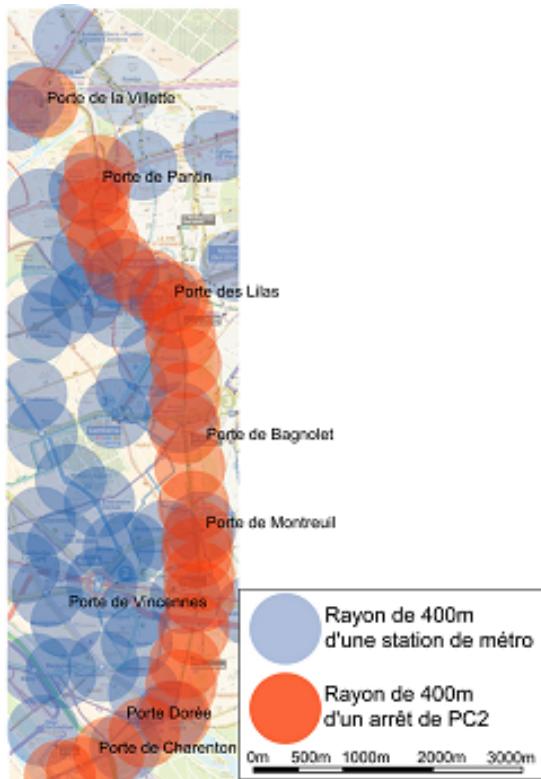


Figure 03: terrain couvert à 400m des stations de MÉTRO RER source : la mairie de Paris

Si on observe la Figure 03, on aperçoit que les parties de Paris qui ne sont pas desservies dans 400m des stations se trouvent aux proches du périphérique nord, est et sud.

Si on prend en compte de PC2, les parties de Paris qui ne sont pas desservies dans 400 m d'une station de métro ou d'un arrêt de PC2 sont comme Figure 04.

Figure 04: terrain couvert à 400m des stations de MÉTRO RER et PC2



Les distances entre 2 arrêts de PC2 ne sont pas grandes, cela donnerait une certaine commodité pour les utilisateurs.

Le confort

Le confort d'un mode de transport est important pour l'acquisition stable de l'usager et la qualité de leur vie, notamment dans des pays maturité.

Quand on installe un tramway, on montre le point de confort toujours comme une raison de choix au débat public⁵.

Pour vérifier le confort du tramway, quelques points importants doivent être évalués.

Distance de station

La distance de station est le premier élément de l'accessibilité de ce mode pour l'usager. Le tramway a une station chaque 500-600m⁶, et dans le cas de T3, chaque 550m, en équivalent de 7 minutes à pied. Celle du bus varie en fonction de l'emplacement. Dans le cas du PC1, il y en a chaque 317m, un équivalent de 4 minutes à pied environ. Sur ce point, le bus est meilleur, mais les deux modes ont une condition supportable d'accessibilité.

Capacité de véhicule par rapport au nombre de sièges

Ce point est fortement liée au le confort. Les indicateurs sont montrés ci-dessous.

Tableau 15: Capacité des véhicules

	Bus standard	Bus articulé	Trolley standard	Trolley articulé	Tram léger	Tram lourd
Capacité à 4 personnes/m ²	71..92 places	110 places	85 places	110 places	169..178 places	239..288 places
Dont places assises	22..41	35	25	35	44..52	64..72
Pourcentage	31..45%	32%	29%	32%	26..29%	27..25%

Source : Rail 21, <http://perso.wanadoo.fr/florent.brisou/Intro.htm>, accédé en juin 2006; Trans'bus, <http://www.transbus.org/>, accédé en juin 2006; Pages EDF sur les trolleybus

On trouve que le bus donne normalement plus de opportunité de siège. Le tramway ne se balance pas beaucoup par rapport des autres modes, donc la nécessité est moins grande. Mais, sur notre enquête, pas mal des gens déplace pendant longtemps, pour eux, la place assise est important.

⁵ Site officiel d'information sur le tramway de Maréchaux à Paris, <http://www.tramway.paris.fr/> accédé en juin 2006

⁶ Ministère de transport japonais, LRT workshop'97, 1997

Barrier-free

C'est l'élément principale de permettre l'accessibilité pour les personnes âgées, des personnes handicapées. C'est difficile pour eux d'utiliser une voiture, donc, pour l'égalité sociale, on doit leur permettre une bonne accessibilité au transport commun.

Pourcentage de système «Plancher bas»

Ce point est important premièrement pour les personnes à mobilité réduite et pour les gens âgés aussi. La majeure partie du tramway a le système «Plancher bas».

Le tramway Français Standard, T1 et T2 à la banlieue parisienne, 70% ont ce système. Le nouveau modèle de tramway, le Citadis TGA 302 chez Alstom⁷, qui roule à Montpellier, Orléans, Lyon, Bordeaux, Valenciennes, Dublin, Barcelone, 100% du véhicule l'installe.

Par contre, à Paris, on peut trouver beaucoup de bus sans lui.

Largeur de la porte et le quai

Une largeur de la porte du tramway est de 2,35 m, et celle du bus est de 1,2 m. Les deux modes permettent l'accessibilité aux chaises roulantes, mais, du côté confort, le tramway est meilleur.

Ensuite, le quai doit être pris en compte pour cette évaluation. Celui du tramway correspond au fauteuil roulant avec sa pente douce, et le bus utilise le trottoir. Il ne trouve pas de difficulté sur les deux.

Secousse

Ce point donne le grand impact sur le sens de confort des gens qui utilisent pendant longtemps, comme nous avons observé assez sur l'enquête, surtout pour les personnes âgées. Sur ce critère, le tramway est excellent par rapport aux autres modes.

⁷ Site officiel d'Alstom, <http://www.alstom.com/home/> accédé en juin 2006

Temps d'attente

Ce point dépend de la fréquence premièrement, mais, elle ne varie pas d'un mode à l'autre. L'acteur ou l'état qui décide. On peut considérer autres éléments importants :

- Existence du site propre,
- intervalle des arrêtes,
- facilite de monté et de descente.

Dans notre cas, on considère le tramway avec site propre, et le bus sans site propre comme il se passe pour la plupart du trajet du PC2. Le site propre aide à éviter les embouteillages, et garder la ponctualité de ce mode.

Un mode sans site propre a beaucoup de possibilité de perdre sa ponctualité.

Sur l'arrêt, le mode doit dépenser le temps nécessaire pour que les passagers montent ou descendent. Donc, le nombre d'arrêt exprime le nombre de la perte de temps. Le tramway en a chaque 550m, et le bus, chaque 317m. Le bus peut perdre le temps plus que le tramway, et perdre sa ponctualité.

La facilité de montée et descente exprime le lien avec la durée de temps que les usagers mènent pour monter et descendre. Elle dépend de la largeur de la porte et la capacité par rapport au nombre de portes. Le tramway : Largeur de la porte=2,35m, Capacité par rapport au nombre de la porte =90 personnes⁸. Le bus : Largeur de la porte=1,2m, Capacité par rapport au nombre de la porte =44 personnes⁹

Position du quai

La position du quai est importante quand on pense à l'accessibilité du mode. Normalement, le tramway a des arrêts au milieu de la rue, et on doit traverser les rues pour accéder aux arrêts du tramway. Sur des rues, on doit attendre des feux, et il y a un danger des voitures roulant. Ce sera le cas du tramway qui sera fait à Paris. Par

⁸ Site officiel de Bombardier, <http://bombardier.com/index.jsp>, accédé en juin 2006

⁹ Site officiel de Irisbus, <http://www.irisbus.com/>, accédé en juin 2006

contre, le bus et le trolleybus en ont au bord du trottoir normalement, donc il y n'a pas ce problème.

Mais, pour ce problème du tramway, il y a déjà une solution qui a été adopté à Vienne, avec des quais au bord du trottoir, pour ôter la nécessite de traverser.



Figure 03 : Quai au bord de la rue à Vienne.

Effet visuel

Le tramway souvent peut apporter l'opportunité d'améliorer des paysages. C'est le cas des villes de Strasbourg et Den Haag, il donne la possibilité de mettre des espaces verts aux rues grises. Il peut aussi contribuer au changement du paysage urbain, en ajoutant des nouveaux instruments et paysages.

On peut aussi adopter un design élaboré par un architecte aux arrêts ou un design moderne de véhicule. Ils changent l'impression des gens beaucoup.

Par contre, le bus et le trolleybus n'apportent rien parce qu'il n'a besoin pas d'instrument spéciale dans la ville.

À la ville maturité, l'espace public, y compris la voie du transport, est le lieu important pour innover le paysage et l'espace urbain. Sur notre enquête, nous avons des plusieurs opinions ci-dessous ; («Je ne pense pas qu'il y a la nécessite de mettre un Tramway sur ce boulevard, mais il est bon uniquement pour le paysage.»)

Le tramway a besoin d'investissement beaucoup plus cher par rapport aux autres modes. Mais, pour la ville de Paris, l'opportunité de l'amélioration esthétique est précieuse.



Figure 04 : Gazon au milieu de la rue à Strasbourg

Figure 05: Terminus de tramway par une architecte Zaha Hadid à Strasbourg

Pour conclure, le confort de tramway par rapport aux autres modes vient de sa souplesse et manque de secousse excellent, de son design et de sa conception de véhicule, qui est élaborée grâce à la tendance d'être la cible de tous les regards, et de son effet à l'espace urbain visuellement. Au total, le confort du tramway est plus excellent parmi les modes, mais, on peut améliorer celui des autres modes encore ; le ré-design de l'arrêt, l'amélioration du design esthétique et le confort, comme la taille de la porte ou l'adaptation de système de plancher bas, l'amélioration technique pour la secousse, etc.

Par ailleurs, la situation actuelle où on s'intéresse au tramway dans le monde entier, et on élabore l'amélioration de son adaptation, comme le technique, le désigne, l'essai sur l'espace urbain, et le grand investissement.

Donc, le tramway n'est pas un mode absolu sur ce point. Si on peut améliorer celui des autres modes aussi. Mais, dans ce moment, le tramway est meilleur.

Équité économique

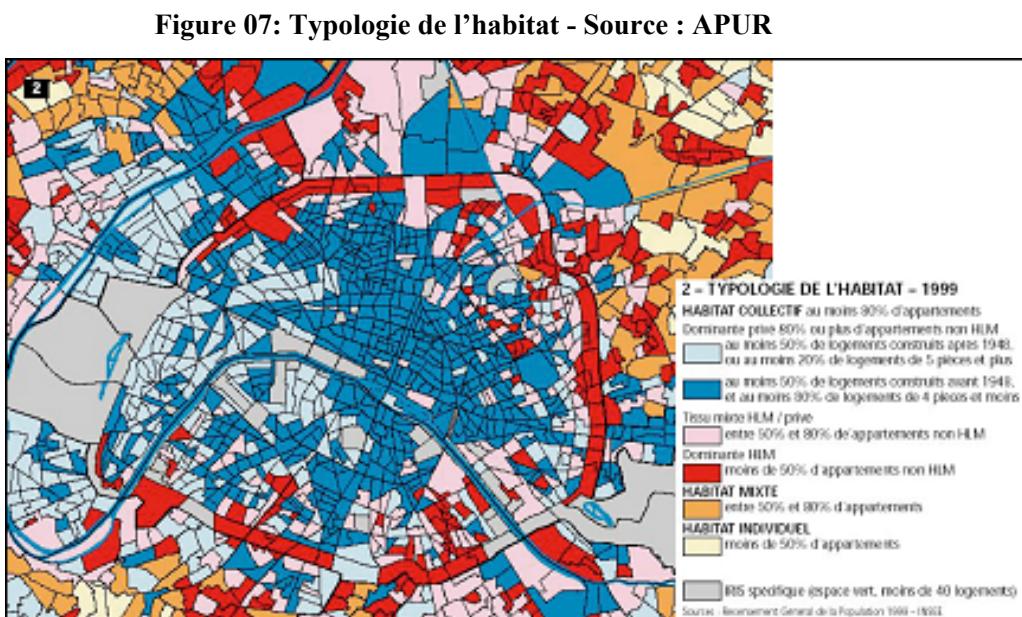
Population

Dans les quartiers bordant le boulevard des Maréchaux, il y a deux caractères. À l'intérieur du boulevard, la densité est haute, mais l'autre côté, à l'extérieur, la densité n'est pas très haute.



Figure 06: Densité de population à Paris Source : APUR

Et comme Figure 07 indique, un caractère remarquable est le niveau de densité d'HLM le long du boulevard Maréchaux. Plupart de l'extérieur du boulevard, plus de 50% de logements sont HLM.



En ce qui concerne le chômage, les quartiers bordant le boulevard Maréchaux connaissent un haut niveau chômage. Considérant la situation de HLM, on peut estimer le niveau de salaire n'est pas haut dans cette partie de Paris.

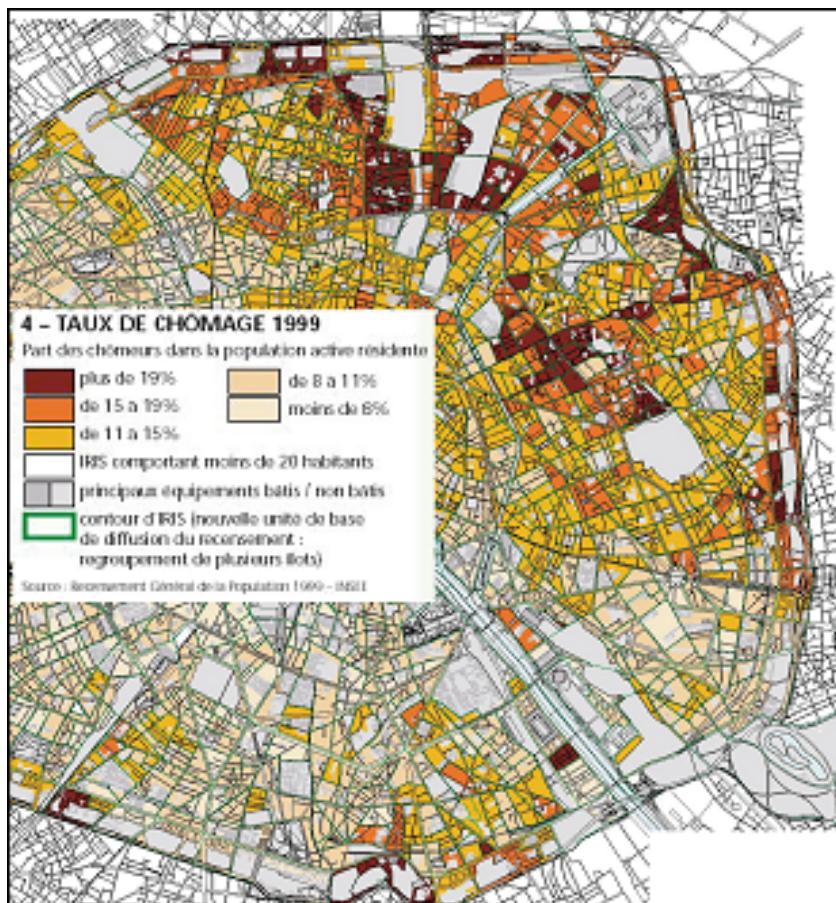


Figure 08: Taux de chômage, Source : APUR

Surtout le taux de chômage est très haut au long du boulevard entre la porte de Vincennes et porte de Clichy. Mais le taux de chômage entre la porte d'Ivry et la porte de Vincennes n'est pas très haut par rapport au niveau moyen de France.

Ici, il y a un autre schéma qui indique la différence géographique de la société. Comme on remarque souvent, on peut voir clairement la différence entre l'ouest et l'est. Beaucoup de "des chefs d'entreprises cadre et des professions libérales" habitent dans l'ouest de Paris et des employés et des ouvriers ont une tendance d'habiter dans l'est. Cette tendance est une pareille structure que le schéma du taux de chômage.

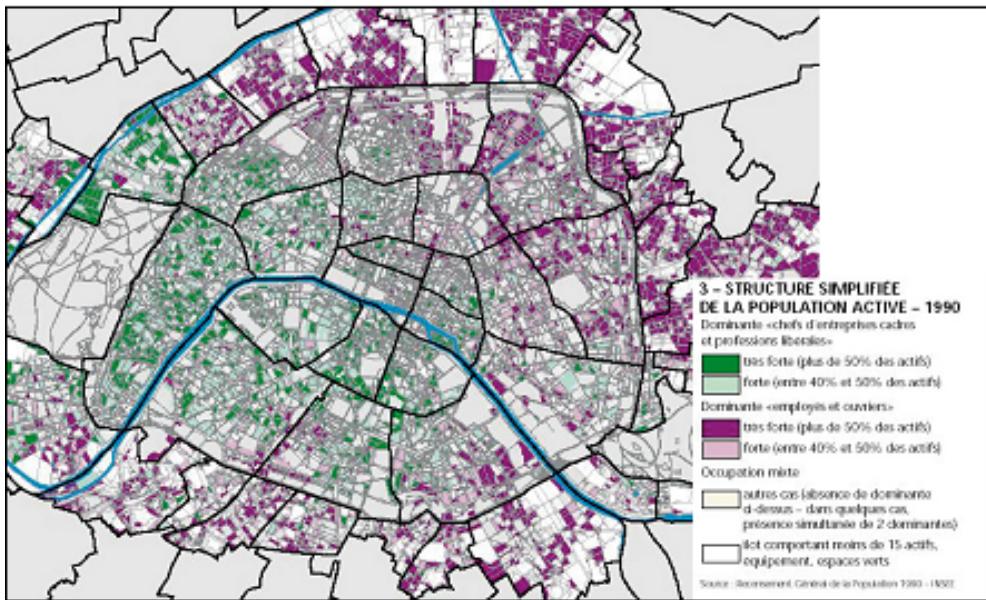
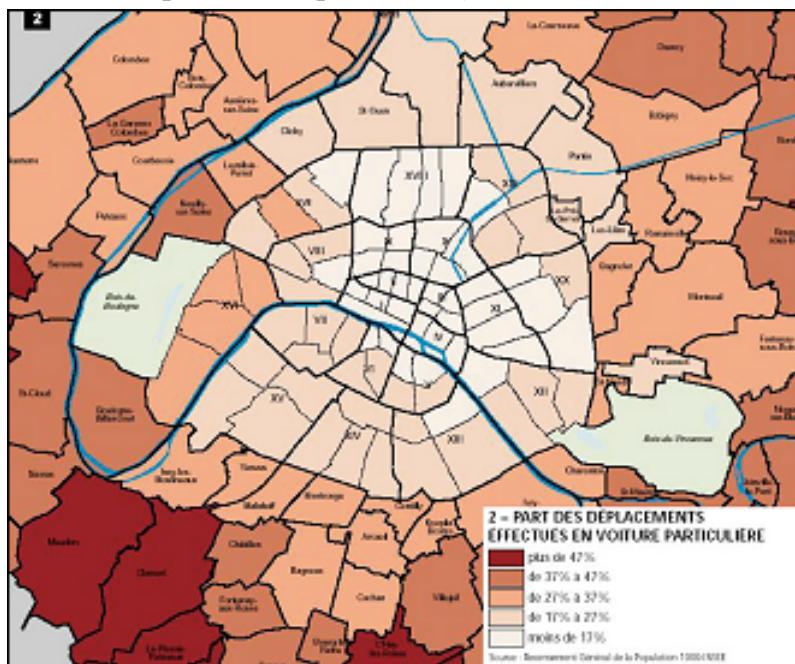


Figure 09: Densité de population à Paris Source : APUR

Moyen de déplacements par quartiers

Plus de distance du centre de Paris, plus de déplacements sont effectués par voiture particulière. Cette tendance, on peut l'observer intra muros de Paris, mais il y a aussi la différence entre l'ouest et l'est. Des habitants de l'ouest utilisent plus de VP que des habitants de l'est (Figure 10). Au contraire, le taux de l'utilisation de TC dans l'est prévaut sur celui dans l'ouest (Figure 11).

Figure 10: Part des déplacements (pour travail) effectués en VP, Source : APUR



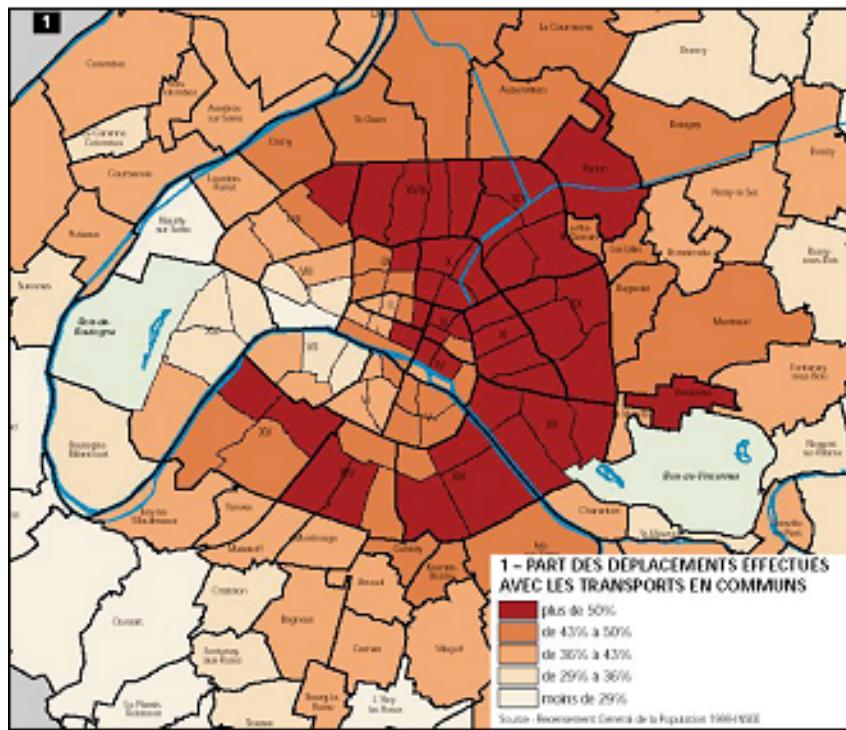


Figure 11: Part des déplacements (pour travail) effectués en TC, Source : APUR

Tarification de transport collectif parisien

La tarification de transport collectif parisien est le système de zonage. Et comme T1 et T2, le prix de ticket est le même système que celui de bus, Il n'y a pas aucun différence entre le bus et le tramway sur l'aspect d'équité. Mais la réalisation du l'extension de T3 emmène de la croissance des prix de tickets ou de carte d'abonnement, il y aurait un problème sur l'équité sociale.

En comparaison entre le bus en site propre et le tramway sur l'aspect de déplacement, il n'y a pas beaucoup de différence. Mais si l'installation du T3 est un aménagement urbain avec des aménagements des quartiers autour de la ligne, elle est possible d'être favorable pour l'équité sociale. Mais on ne peut pas dire le tramway, lui-même est le médicament de la situation sociale. Si l'installation du T3 est un aménagement urbain et avec des aménagements des quartiers, elle est possible de contribuer des problèmes sociaux. Sinon, plus efficace mode de transport que le tramway qui relie entre la petite couronne et la banlieue est nécessaire comme le tram-train.

PLAN ENVIRONNEMENTAL

Le transport urbain possède une influence important sur la situation écologique de la ville. Pour fonctionner il consomme de l'énergie. Pour le bus la source de l'énergie est le carburant, pour le tramway et le trolleybus la source de l'énergie est l'électricité. De ce fait, sur l'étape de l'exploitation des modes du transport, le tramway et le trolleybus ont des avantages par rapport au bus, parce qu'ils possèdent aucune pollution atmosphérique local. Mais il faut tenir en compte l'étape de la production du carburant et de l'électricité – étape well to tank, sur lequel il y a des émissions de CO₂ importantes. Premièrement, regardons, combien chaque mode de transport consomme de l'énergie.

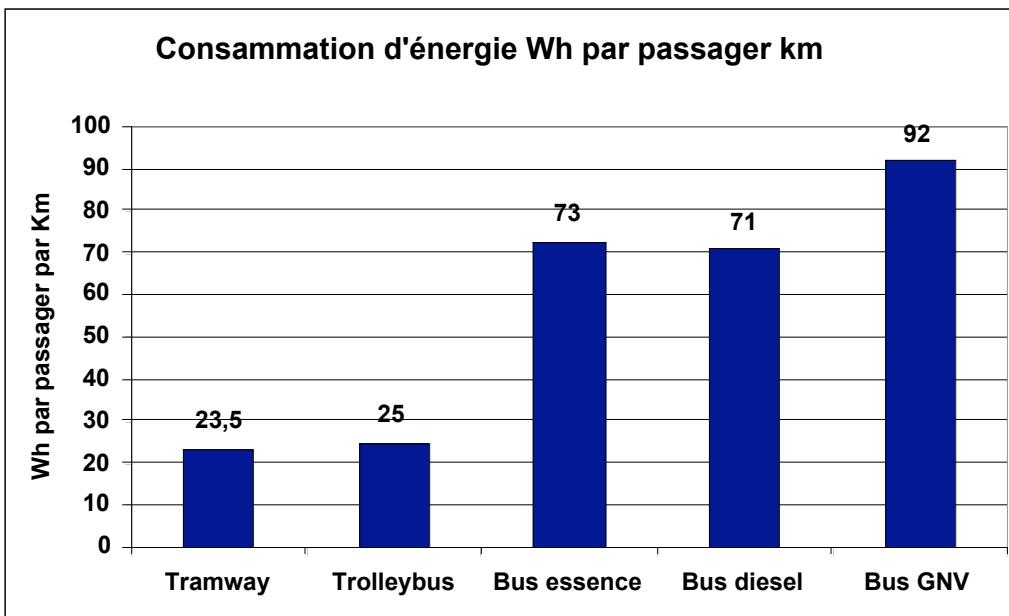
Figure 12: le tramway parisien.



Consommation de l'énergie par les moyennes du transport

Dans le tableau suivant la consommation d'énergie par les différents modes du transport urbain est exprimé en watt/heure par place par Km (*Wh / voy. / Km*), le tramway consomme 23,5 Wh, le trolleybus consomme en terrain plat 25 Wh, l'autobus essence 73 Wh, l'autobus diesel 71 Wh et l'autobus au GNV 92 Wh.

Figure 13: graphe de la consommation d'énergie Wh par passager km. (Source: EDF)



Selon ce graphique, le tramway est le mode du transport avec la moindre consommation de l'énergie. Après, en peu plus consomme le trolleybus 25 W h/passager km et le bus diesel et le bus GNV. Mais il faut tenir en compte, que la quantité de passagers en tram (on prend 4 personnes par mètre carré) est plus élevée que celle de trolley, donc, la consommation de l'énergique au total est plus élevés chez tramway que chez le trolleybus si on prend le cas du remplissage plein. Pour un grand tram il y a 280 passagers au maximum, donc, on consomme 6580 W h/km. Pour le trolley le plus grand – trolley articulé la capacité est 110 passagers, donc, l'électricité consommée est 2750 W h/km.

Il y a encore des avantages du tramway et du trolleybus par rapport au bus – on peut économiser de l'énergie quand ils récupèrent de l'énergie au freinage : grâce à la récupération de l'énergie au freinage, (freinages qui sont par nature nombreux en conduite urbaine) le trolleybus et le tram renvoient dans le réseau filaire aérien de l'électricité. Il renvoie encore plus d'électricité lorsqu'il descend des pentes. Ainsi, un expert lyonnais (M. Edmond Luca) a calculé que lorsque 3 trolleybus descendent une pente... ils fournissent l'énergie nécessaire à un autre trolleybus qui monte. Et, qui plus est, ce freinage par récupération économise les freins classiques, d'où diminution supplémentaire des frais d'exploitation et de la pollution.

Un moteur électrique a un rendement compris entre 90 et 95 % alors que le rendement d'un moteur à essence s'établit autour de 35 % et celui d'un moteur diesel autour de 40 %.

Le tram consomme moindre d'énergie encore grâce à le frottement fer - fer, dont le coefficient est moins élevé que celle du frottement entre les pneus et le sol.

Accélération : le tramway et le trolleybus sont plus rapide en accélération, grâce a un couple de démarrage constant (pas d'embrayage, ni de renvoi d'angle, ni de boite n'a vitesses) : en 15 secondes, il parcourt 30 % de distance en plus que le bus diesel, ce qui autorise un parc trolleybus inférieur de 7% a un parc d'autobus offrant le même service.

Les émissions de CO2

Après l'instauration du Protocole de Kyoto le 16 février 2005, l'attention aux émissions de GES est devenue encore plus importante puisque plusieurs pays qui appartiennent à l'Annexe 1 sont engagés, désormais, à réduire ses émissions de GES, y compris la France. Les transports sont un des secteurs les plus émetteurs, avec environ 23% des émissions en 2005 dont la plus grande partie est consacrée au transport routier, selon l'IFP.

La dégradation de la qualité de l'air en milieu urbain est principalement due aux émissions des polluants suivants : monoxyde de carbone (CO), composés organiques volatiles (COVNM), oxydes d'azote (Nox) et particules fines (PM).

La pollution atmosphérique représente à court et à longs termes un risque sanitaire non négligeable (maladies cardio-respiratoires, allergies, cancers du poumon...) pour les populations exposées. Selon un rapport de l'Agence française de sécurité sanitaire environnementale (Afsse), la pollution atmosphérique urbaine serait responsable chaque année de la mort de 4 876 personnes en France.

Pour estimer des émissions de CO2 des modes de transport, il faut regarder tout les deux étapes : well to tank et tank to Wheel. Après on calcule des émissions au total.

Etape de la consommation de carburant (tank to Wheel)

Les émissions par le mode du transport urbain

Tableau 16 : consommation et émission par type de carburant et par mode de transport

Mode de transport	Emission CO2 g / km
BUS	
• Essence	1400
• Diesel	1240
• Hybride	540 (dont 420 grammes produit par le moteur diesel et 120 grammes pour la recharge des batteries)
• GNV	1050
TROLLEYBUS	0
TRAMWAY	0

Source : "Maîtriser le changement climatique : le mémento des décideurs" MIES 1999.

Selon ce tableau on voit que le tramway et le trolleybus sur le niveau d'exploitation émettent le moindre de CO2, zéro émissions. Dans le tableau on a conduit des données moyennes et on n'a pas précisé le mode du bus. La plus importante pollution de CO2 est à cause du bus en essence, le moindre entre les bus – c'est le bus en gaz naturel.

Les émissions de CO2 sont directement proportionnelles à la consommation de carburant : une grosse cylindrée émet beaucoup plus qu'une petite. Le type de carburant joue peu sur le CO2 entre le diesel, l'essence, le super, le et le GNV, il y a une différence de 15%. Cela n'est pas vrai pour les autres polluants (poussières, etc.).

Pour l'impact sur l'effet de serre, il faut prendre en compte les émissions de CO2 mais aussi d'oxydes d'azote (NOx), qui sont des gaz à effet de serre également. On raisonne alors en gramme d'équivalent CO2, ou en gramme d'équivalent carbone. Complication supplémentaire, un gramme de NOx n'est pas équivalent à un gramme de CO2.

En France, les bus au gaz naturel rencontrent un succès croissant avec déjà 2 000 bus en circulation. Afin de développer le nombre de véhicules particuliers roulant au gaz naturel dans ce pays et dans le cadre d'un partenariat signé avec Citroën, Gaz de France propose une offre de station de distribution à domicile pour la recharge des véhicules, auprès des particuliers possédant un pavillon équipé au gaz (soit plus de 4 millions de pavillons en France). Le gaz naturel carburant contient deux fois moins d'atomes de carbone que celle de l'essence, gage d'émissions de CO2 fortement

réduites (-25 % par rapport à l'essence) et produit deux fois moins de oxydes d'azote (NOx). Il n'émet ni oxydes de soufre, ni plomb, ni particules.

Les premiers tours de roues d'un bus hybride diesel/électrique équipé de moteurs The Wheels ont été effectués en Août 2004. La mise au point s'est poursuivie depuis et des tests de consommation réalisés par l'institut TNO ont permis de relever une consommation de 15,9 litre/100 km sur un circuit de type urbain. L'économie de carburant par rapport à un modèle équivalent à propulsion diesel conventionnelle est de l'ordre de 50 %. Les rejets de CO2 suivent naturellement la courbe de consommation : 540 grammes de CO2 par km, dont 420 grammes produit par le moteur diesel et 120 grammes pour la recharge des batteries. À titre de comparaison un bus similaire, diesel non hybride, produit 1240 g de CO2 par km.

Le tramway ne contribue pas à la pollution de l'air : il ne produit ni CO, ni NOx, ni Composés Organiques Volatiles, ni poussières... Le tramway contribue à la lutte contre l'effet de serre. L'électricité produite en France étant à plus de 75% d'origine nucléaire ou hydro-électrique, le tramway ne produit que très peu de CO2 par rapport à un bus diesel ou GNV. Le tramway participe donc activement à la lutte contre l'effet de serre.

Le trolleybus aussi possède zéro émission sur l'étape d'exploitation. Donc, lui est le concurrent majeur du tramway dans cette comparaison.

Etape de la production du carburant (well to tank)

Pour calculer des émissions de CO2 sur l'étape de la production du carburant, on a appliqué la méthode qui a été apprise et utilisée pendant le travail sur le projet Well to Wheel. Dans le tableau suivant les résultats sont conduits. Comme les données entrantes on a pris les caractéristiques des transports tels que la consommation de l'énergie de chaque mode de véhicule par passager, après, nombre de places maximum. Après on a calculé selon la méthode combien de gCO2 on émet pendant la production de 1MJ de chaque carburant : essence, diesel, GNV et électricité. On a multiplié la quantité de MJ nécessaire pour chaque mode du transport pour parcourir 1 km par la quantité de MJ qui sont nécessaire pour produire 1 MJ du carburant et on a reçu la quantité d'énergie consommée au total pour production du carburant pour 1 km parcouru. A partir de ça on a reçu la quantité de CO2 qui est émise pendant la production du carburant pour faire aller les transports pour la distance de 1 km.

Les résultats sont donnés dans la table suivante. Selon ce tableau on peut comparer les émissions de CO₂ sur l'étape Well To Tank et la consommation de l'énergie pour la production du carburant.

Tableau 17: Émissions CO₂ et consommation de l'énergie pour production des carburants

	Bus standard			Bus articulé			Trolley standard	Trolley articulé	Tram léger	Tram lourd
	Essence	Diesel 1	GNV	Essence	Diesel	GNV	Electricité	Electr.	Electr.	Electr.
N places	75			110			85	110	170	280
Energie par place W h/pl./km	73	71	92	73	71	92	25	25	23,5	23,5
Energie total en MJ/km	19,71	19,17	24,84	29	28,11	36,4	7,6	10	14,4	23,7
Energie pour production du carburant pour 1km	2,9 MJ	2,1 MJ	3,4 MJ	4,35 MJ	3,1 MJ	5,1 MJ	23,5 MJ	31 MJ	44,6 MJ	73,5 MJ
Emission g CO ₂ /MJ	11,4	7,6	12,3	11,4	7,6	12,3	4,6	4,6	4,6	4,6
Emission gCO ₂ /km	224,7	145,7	305	330,6	213,6	447,7	34,9	46	66,2	109

On a pris pour la comparaison les bus en essence, diesel et GNV, comme la possibilité la plus réel d'utilisation. Tous les modes de transport sont estimés en dépendance de leurs tailles.

Ce qui concerne de l'utilisation des carburant fossile – c'est le cas de bus – on peut dire, qu'ils sont les plus polluants par rapport à l'électricité. Pourquoi ?

Regardons plus précisément le processus de la production des carburants fossile. Une des parties les plus considérables est le transport du brut, constitué de trois trajets : champs extracteurs aux ports pétroliers, ports pétroliers exportateurs aux ports pétroliers frontières et ports pétroliers frontières aux raffineries. La deuxième étape, de loin la plus lourde en kilométrage répond pour 97% des émissions du transport de brut. Néanmoins, son potentiel de diminution est très restreint, vu qu'il dépend de la configuration géographique des réserves où une intervention humaine est impossible.

L'extraction du brut, aujourd'hui responsable de 17% des émissions WTT de l'essence de 22% du gazole, tend à augmenter sa participation dans les prochaines années, vu que les réserves découvertes récemment sont du type « offshore » et demandent encore plus d'énergie pour l'exploitation.

Le raffinage a aussi un poids élevé dans le bilan des émissions, surtout pour l'essence qui a une production qui est assez intensive en énergie. Les pétroliers ont beaucoup investi dans cette activité et la perspective d'installation d'unités de cogénération dans les raffineries est déjà en cours et cela promet une réduction de l'intensité énergétique de cette étape.

En ce qui concerne le GNV, le mixe de l'approvisionnement considéré est de 67% Europe, 21% Russie et 12% Algérie (GNL). Pourtant, si l'on regarde la répartition des émissions relatives au transport, la situation est différente : 19% Europe, 39% Russie et 41% Algérie.

Une particularité du GNV est l'importance des pertes de CH₄ pendant toute la chaîne dans les émissions totales (soit par fuite, soit par évaporation) – elles constituent en moyenne 44% du total et constituent une opportunité immense de réduction. Dans l'étape de distribution, les pertes arrivent à constituer 83% des émissions.

La filière de la production de l'électricité en France est plutôt nucléaire. La production d'électricité se base sur les branches suivantes : 5% charbon, 2% gaz naturel, 75% nucléaire, 15% hydraulique et 2% gaz industriel.

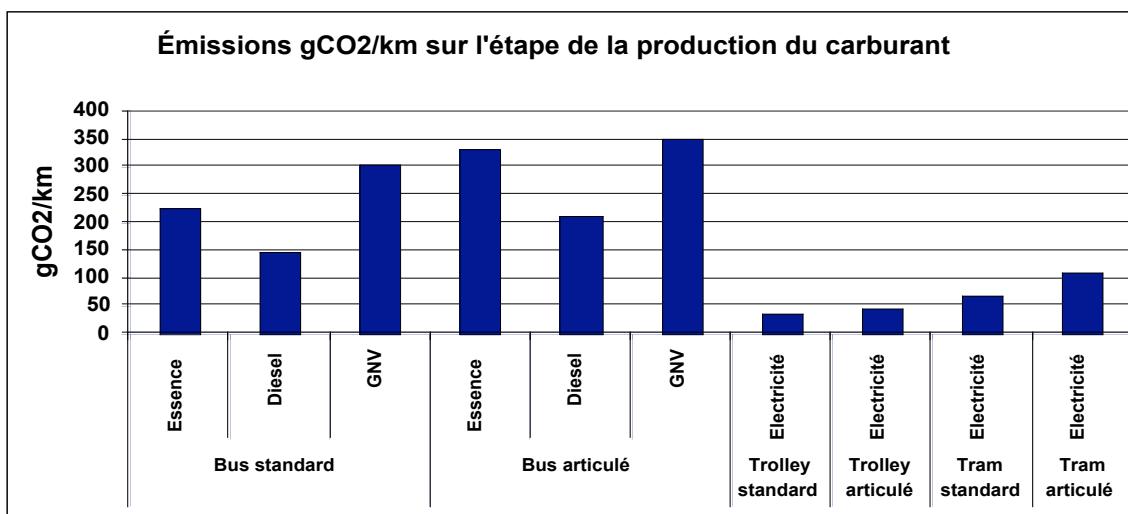
Si l'on observe la composition des émissions, la partie relative aux centrales électriques est nettement supérieure, et, par conséquent, la France, qui a une politique centrée sur le nucléaire qui n'émet presque pas de GES, montre un niveau de CO₂ presque 6 fois inférieur au mix européen.

Toutefois, si les émissions des centrales nucléaires sont négligeables, le cycle de production de l'uranium est assez intensif en énergie, ce qui justifie la participation un peu plus forte de la production des matières premières pour la France.

De cette façon, on voit bien, que le carburant le moins polluant de CO₂ sur l'étape de la production c'est l'électricité. Donc, les modes du transport comme le tramway et le trolleybus possèdent déjà un avantage fort par rapport au bus.

Sur le schéma suivant on peut bien comparer les émissions de la production des carburants dans chaque cas.

Figure 14 : Graphe des émissions de CO₂ sur l'étape de la production du carburant.

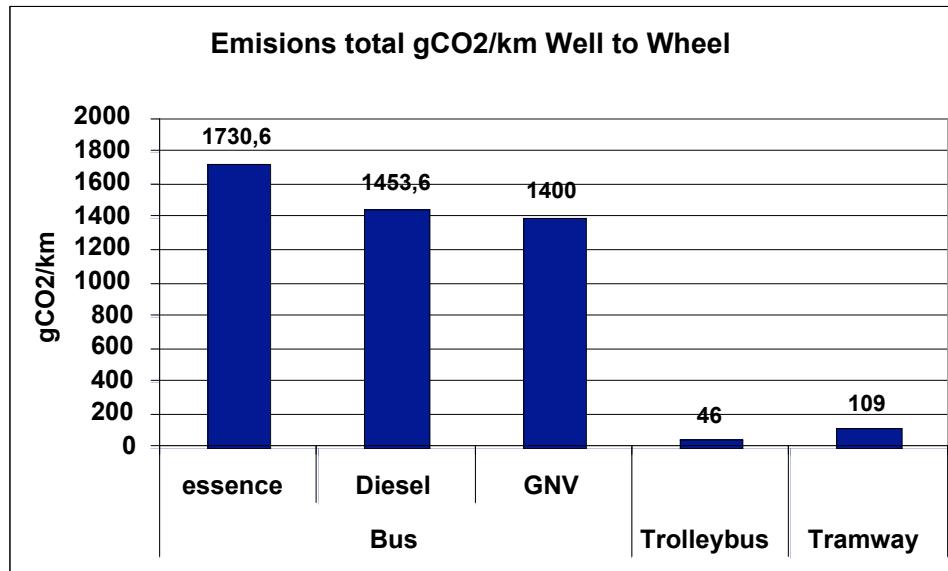


Les émissions pour faire parcourir un tram de 1 km sont plus élevé par rapport au trolleybus, malgré le fait qu'ils tous les deux utilisent de l'électricité. C'est parce que on a pris le cas de remplissage maximal lorsque la capacité d'un tramway et plus de 2 fois que celle de trolleybus.

Emissions au total par mode de transport

A partir de nos résultats, on peut obtenir les émissions de CO₂ au total par les modes de transport considérés. Selon le schéma suivant on observe les émissions totales.

Figure 15: Graphe des émissions totales de CO2 well to wheel.



On peut conclure que le mode le plus polluant c'est le bus en essence, dans le cas d'un remplissage maximal, il émet 1730 gCO2 pour km parcouru. Entre les bus le plus favorable c'est le bus en GNV qui émet sur toutes les étapes 1450 gCO2 par km, mais il n'est pas encore trop populaire pour l'utilisation. Comme on voit, le moins polluants sont le trolleybus et le tramway. Le niveau des émissions de CO2 chez tram semble plus élevé par rapport au trolley, mais en réalité il faut tenir en compte que la source de l'énergie pour tous els deux est le même mais le nombre des passagers maximal dans un tram articulé est 280 et dans un trolleybus articulé est 110, en plus, la consommation de l'électricité par trolley en Wh par passager est en peu plus élevé que celle de tramway.

A partir de nos calculs, on conclue que le tramway émet zéro pollution sur l'étape de l'exploitation, donc, pas de pollution locale, et en plus, s'est le mode du transport le plus propre sur l'étape de la production de l'énergie. De cette façon, le tramway est le mode de transport le plus favorable de point de vue de la consommation de l'énergie et d'émissions de CO2 pendant well to wheel.

Analyse de Cycle de vie

Pour l'analyse de l'impact environnemental de chaque projet d'infrastructure il faut compter les impacts dans chaque étape de vie du projet, c'est-à-dire, faire l'analyse de cycle de vie. Dans ce cas-là, si analyser la durabilité de prolongation du tramway des Maréchaux, on doit faire l'ACV du ce projet et de tous les projets

alternatifs. La comparaison nous donne la réponse à la question de durabilité en cadre de l'environnement.

Si simplifier l'analyse, on peut prendre les étapes de vie suivante :

- la construction de l'infrastructure ;
- la construction du matériel roulant
- consommation d'énergie pendant l'exploitation des systèmes.

Construction de l'infrastructure

Il y en a trois types de voirie différenciels :

- site propre ordinaire (chausse bitumineuse) – pour le bus ou le trolley ;
- site propre de béton – pour les bus ou trolleybus lourds ;
- site propre de béton avec des rais – évidemment pour le tram.

On compte, que le site propre bitumineux est égale la route de classe 6, que le site propre du béton consiste de plateforme du grave et des dalles de béton, et que le voie du tramway inclus une plateforme, une couche de béton et des rails. On peut estimer la quantité de chaque matériel et calculer la consommation d'énergie et les émissions au total. Pour rendre égal à la forme, divisons les chiffres à la durée de vie des projets – 30 ans. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau 18 : Consommation d'énergie et les émissions des sites propres différents

		site propre bitumineux	site propre de béton	voie du tramway
consommation d'énergie	GJ/an	15,63	30,86	141,46
émissions des GES	t/an	197,17	128,01	327,97

Il est évidant, que les plus grandes dépenses sont pour construire la voirie du tramway parce que ça demande d'abord une plateforme de grave et béton plus rigide et massif, et, ensuite, des rails.

Construction des moyens de transport

Il faut calculer la consommation d'énergie et les émissions pour chaque véhicule et multiplier ça au nombre des véhicules nécessaires pour que le système fonction bien.

On a obtenu les résultats suivants :

Tableau 19 : Comparaison de la consommation d'énergie et des émissions des GES des moyennes de transport différents dans l'étape de construction

		Mercedes	Mercedes	Volvo	Neoplan	Alstom
		Bus 12m	Bus 18m	Bus 26,5m	Trolleybus	Tramway Maréchaux
consommation d'énergie	GJ/an	2565,48	2613,76	2091,66	1932,22	2452,58
émissions des GES	t/an	3109,71	3083,41	2371,95	2279,40	2753,74

Par véhicule la moindre consommation d'énergie ont le bus de 12m, et le plus pire – le tramway – six fois plus à cause de poids et d'utilisation d'aluminium. Mais par système le mieux moyen est le trolleybus, après le bus bi-articulé et le tramway. La même situation avec les émissions des GES.

Etape d'exploitation

La consommation d'énergie est donné selon l'estimation d'un spécialiste de Volvo et quelques autres sources ; les émissions – selon MIES. Pour calculer on doit utiliser la quantité des véhicules, qui passent par jour. Le trafic journalier dépend du flux journalier sur la ligne du remplissage (80% en moyenne) et de la capacité de chaque véhicule.

La formule est la suivante :

$$\text{Cons.(Emissions)/km/an} = \text{Cons.(Em.) de véhicule/km} * \text{trafic journalier} * 365$$

Tableau 20 : Comparaison de la consommation d'énergie et des émissions des GES des moyennes de transport différent dans l'étape d'exploitation

		Mercedes	Mercedes	Volvo	Neoplan	Alstom
		Bus 12m	Bus 18m	Bus 26,5m	trolley	tram Maréchaux
consommation d'énergie	GJ/km/an	4579,90	4056,12	2731,49	3476,67	1454,94
émissions des GES	t/km/an	327,68	290,21	195,43	4,18	1,68

La consommation plus petite du tramway, après – du bus bi-articulé et après du trolleybus. Le tramway consomme presque trois fois moins que le bus articulé qui marche actuellement sur la ligne PC2.

Les émissions du tramway et du trolleybus sont presque négligeables par rapport aux bus, mais le bus bi-articulé gagne significativement par rapport aux autres deux. Ces deux faits ont expliqué par le fait, que l'électricité en France est d'origine nucléaire.

Comparaison des systèmes

Nous comparons les systèmes de transport qui sont les combinaisons des modes de transport et des sites propres différents. Les modes de transport sont les suivants : les bus standard, articulé et bi-articulé, le trolleybus articulé et le tramway de 45 mètres. Les sites propres sont : un chemin bitumineux, un site propre des dalles de béton et la voirie de tramway du béton. Alors, nous avons 8 systèmes différents.

Pour comparer la consommation d'énergie et les émissions des GES pendant 1 année de vie de système, nous supposons, que la durée de vie sera 30 ans, nous sommes la consommation et les émissions pendant la construction de l'infrastructure et des moyennes de transport avec la consommation et les émissions pendant l'exploitation des systèmes.

Tableau 21 : Comparaison des ACV des systèmes de transport

Mode	Site	Consommation d'énergie, GJ/km/an	Pos	Emissions des GES, tCO2/km/an	Pos.	Rating final
bus standard	site propre bitumineux	6840,32	8	3634,56	8	8
bus articulé	site propre bitumineux	6082,34	6	3570,78	7	7
bus articulé	site propre de béton	6097,56	7	3501,62	6	6
bus 2-articulé	site propre bitumineux	4699,34	2	2764,55	4	4
bus 2-articulé	site propre de béton	4714,56	3	2695,39	3	5
trolley	site propre bitumineux	4978,63	4	2480,74	2	2
trolley	site propre de béton	4993,85	5	2411,59	1	3
tramway	site propre et rails	3483,00	1	3083,39	5	1

On obtient les chiffres très intéressants : il y en a 5 alternatifs, qui ont la même somme des positions aux ratings de la consommation et des émissions. Mais le meilleur système est le tramway parce que il est le mieux de point de vue de la consommation d'énergie, du point de vue des émissions des GES n'est pas trop loin de la première place. Après on peut poser le trolleybus, parce que les émissions sont moins que tels de bus, malgré la consommation plus élevée : il consomme l'électricité

d'origine nucléaire et le bus – le carburant – l'énergie fossile. Et ensuite, le bus bi-articulé, qui consomme moins que le trolleybus, mais émet plus.

En fait, on ne doit pas oublier, que nous avons fait beaucoup des propositions : nous n'avons pas compté l'installation des objets d'infrastructure, l'aménagement des territoires, etc. donc la situation réelle peut être autre. Ici, trois modes de transport sont courables et il joue autres facteurs : des raisons politiques et des raisons économiques.

ENQUÊTE

Pré-Enquête Origine-Destination

Pendant le déroulement de notre travail, plusieurs fois, on retombait sur des questions d'Origine-Destination concernant les utilisateurs du PC2 pour les répondre. Il y a-t-il beaucoup de personnes qui prennent le PC2 qui vient de la banlieue et qui vont à banlieue? Si il y en a, il serait meilleur de réviser les itinéraires des lignes de bus. Un autre exemple de question a été si serait bien d'avoir plus d'espace entre les arrêts. Si la plupart de gens parcourent un grande nombre d'arrêts, peut-être, il serait mieux d'avoir plus d'espace entre les arrêts, afin d'augmenter la vitesse moyenne du bus.

On a cherché, alors, une enquête réalisé par la mairie de Paris ou quelque autre *stakeholder* du projet. Pour notre surprise, cette enquête n'existe pas.

Pour répondre ces importantes questions, on a décidé de faire nous même une pré-enquête origine-destination concernant les voyageurs du PC2, la ligne de bus qui serait substitué par le T3. Cette enquête a été réalisée entre la Porte de Bagnolet et la Porte de Montreuil, partie de la ligne où l'on dit qu'il y a la plus grande saturation en heure de pointe. Le questionnaire que le groupe a fait était assez simple de manière à ce que les gens puissent y répondre en moins d'une minute. Basiquement, on leur demandait le motif du déplacement, où ils allaient et d'où ils venaient et quels étaient leurs modes de transport.

On a interrogé 133 utilisateurs de la ligne, le 09/06/2006, le matin (horaire de la journée le plus saturé). Le groupe s'est partagé en 4, deux dans chaque sens de la ligne, entre Porte de Bagnolet et Porte de Montreuil.

Dans les tableaux suivants, nous observons quelques résultats de l'enquête.

Tableau 22 : résultat de l'enquête – sexe.

Sexe	
Féminin	52,6%
Masculin	47,4%

Tableau 23 : résultat de l'enquête – nombre de stations parcourues avec le PC2.

Nombre de stations parcourues	
Moins ou égal à 5 (≤ 5)	39,1%
Entre 5 et 10 ($5 < x \leq 10$)	23,3%
Plus que 10 (> 10)	37,6%

Tableau 24 : résultat de l'enquête – motif des déplacements.

Motif du déplacement	
travail ou études	77,4%
courses	4,5%
loisir	3,0%
autres	15,0%

Tableau 25 : résultat de l'enquête – origine destination.

Origine et destination	
banlieue-banlieue	0,0%
Paris-Banlieue	0,8%
Banlieue-Paris	9,0%
Paris-Paris	90,2%

En outre, le nombre de personnes qui prennent seulement le PC2, c'est-à-dire, qui n'utilise pas le transport multimodal, est de 52 (soit 39%). Il serait intéressant de savoir, d'entre eux, la distance parcourue, encore pour l'évaluation de la distance entre les arrêts.

Tableau 26 : résultat de l'enquête – motif des déplacements.

nb personnes qui prennent seulement le PC2: nombre de stations parcourues	52
Moins ou égal à 5 (≤ 5)	46,2%
Entre 5 et 10 ($5 < x \leq 10$)	19,2%
Plus que 10 (> 10)	34,6%

Les figures suivantes montrent les déplacements réalisés par les usagers du PC2 et les modes utilisés:

Figure 16: Répartition des déplacements voyageurs en PC2 montant Porte de Bagnolet.

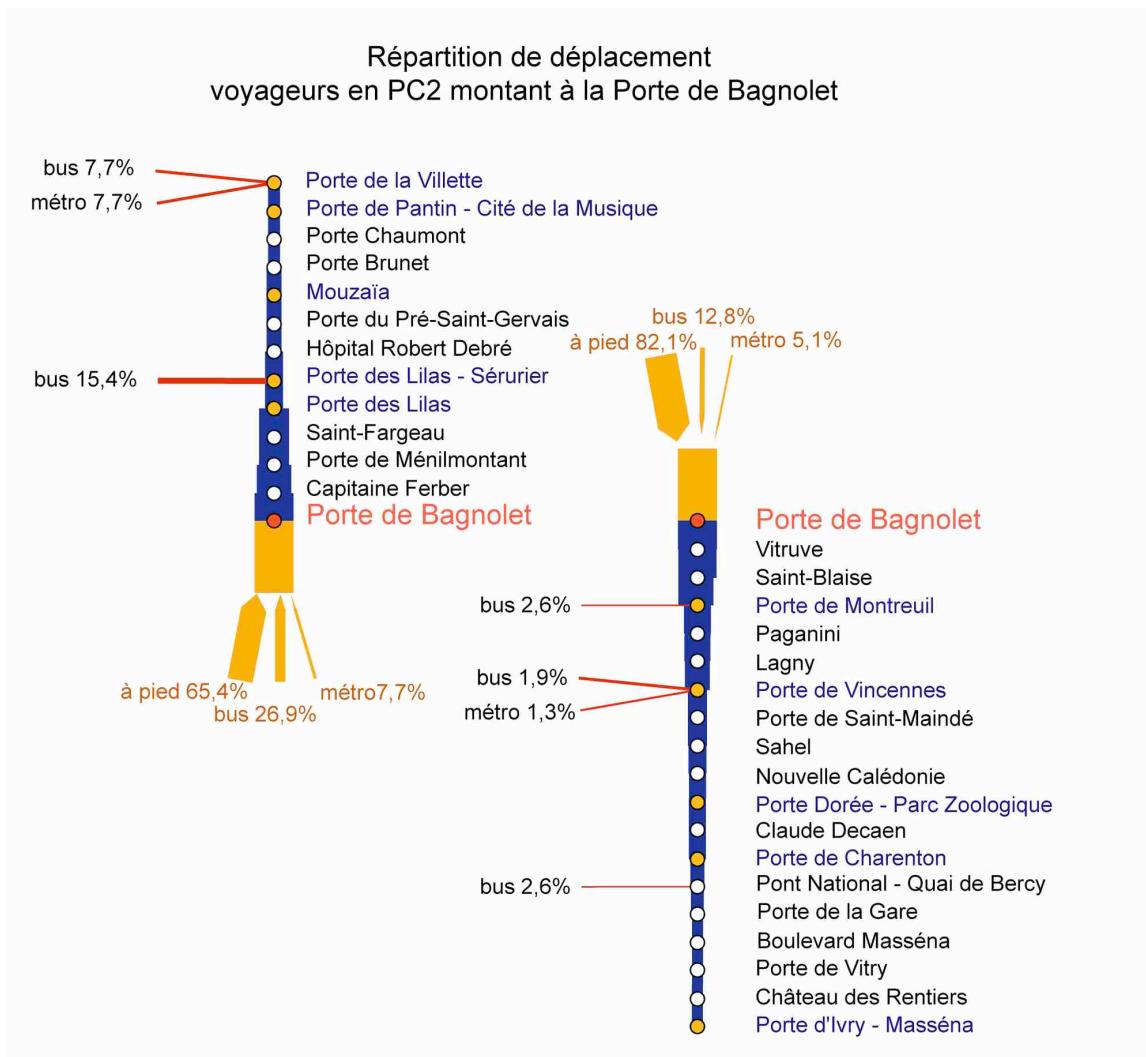
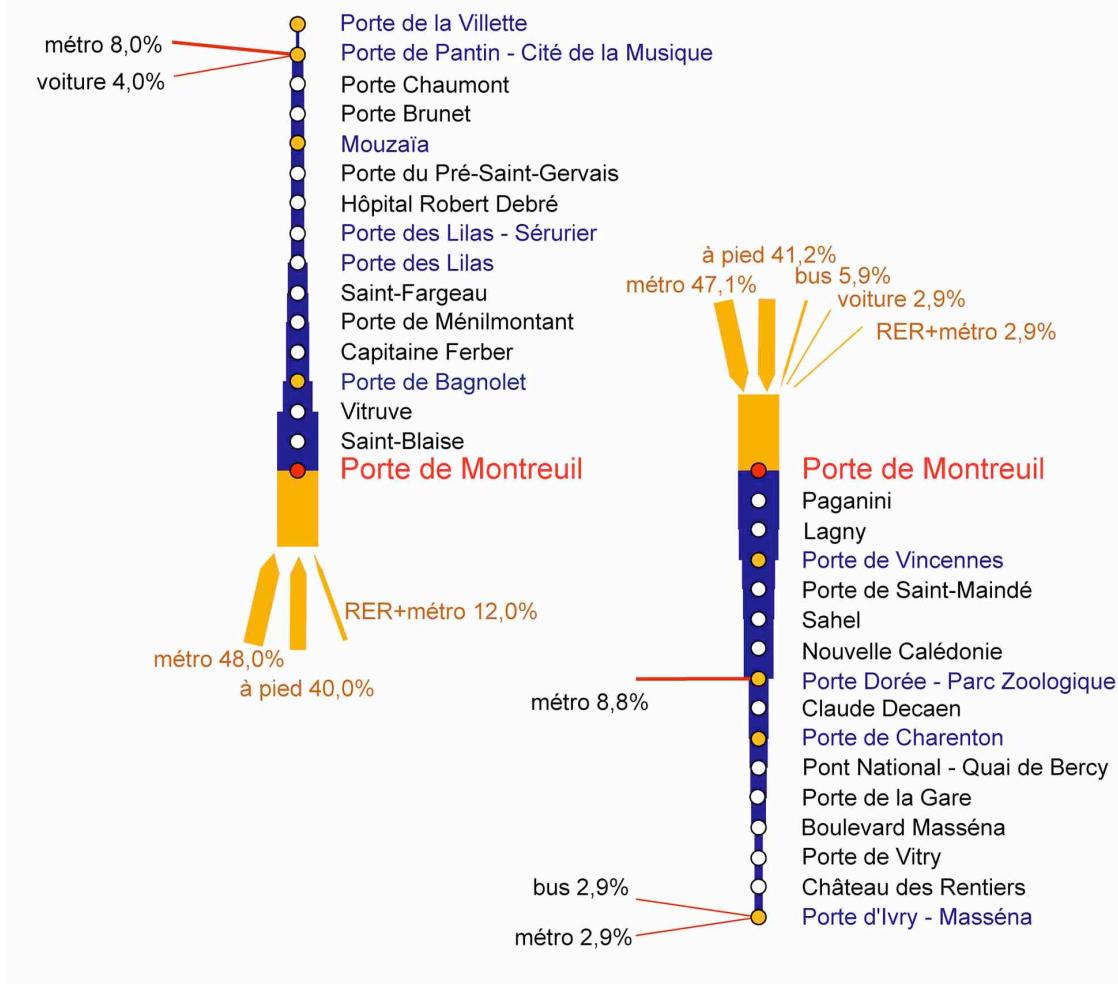


Figure 17 : Répartition des déplacements voyageurs en PC2 montant Pte de Montreuil.

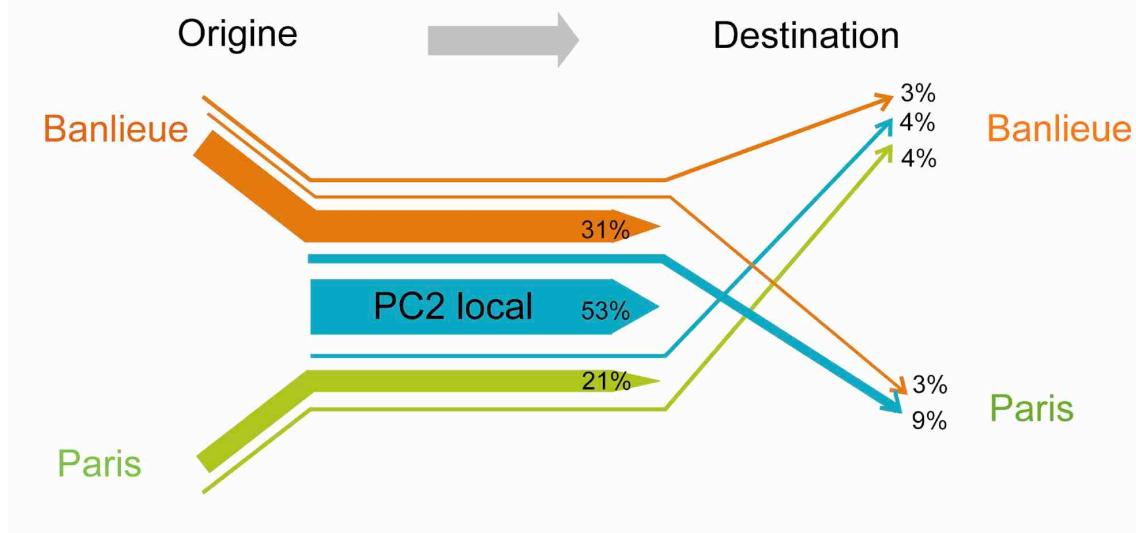
Répartition de déplacement voyageurs en PC2 montant à la Porte de Montreuil



On voit, alors, que la proportion de gens qui n'utilisent que le PC2, mais aussi des autres moyens de transport pour arriver à ses destinations, et que font une petit, moyen au grand parcours, est plus ou moins la même que cela qui prennent d'autres moyens.

Heureusement, une autre conclusion qu'on peut attirer, c'est qu'il n'y a pas beaucoup de gens qui viennent de la banlieue et qui vont à la banlieue. Cela pourrait représenter un flux inutile de gens à Paris, comme on peut regarder dans le graphique au dessous :

Figure 18 : Répartition de déplacement voyageur.



Évidemment, il faut faire une meilleure enquête, avec les gens qui connaissent bien la méthode et des outils. Peut-être, par exemple, qu'on a été tendancieux en ce que concerne le choix de l'échantillon, en choisissant plutôt des femmes que des hommes.

Mais cette enquête préliminaire, a été bien pour identifier, déjà, quelques problèmes qu'on peut avoir. La façon de demander, par exemple, la standardisation des origines et destinations, entre autres.

Si d'un coté on peut critiquer le manque de professionnalité dans l'enquête, d'un autre coté, il est excellent d'avoir un travail inédit. En autre, c'est bizarre que, malgré la quantité d'argent qu'il faut pour faire un ouvrage de cette taille, ni la mairie de Paris, ni quelqu'un d'autre a réalisé une enquête pareille.

OBSERVATIONS - LIGNE PC2

Nous avons fait une observation sur PC2 à la suite de l'enquête le 2 juin 2002, principalement de 9h jusqu'à 10h à la Porte de Bagnolet, à la Porte de Montreuil et à Saint Blaise. À cause de la manque de préparation pour cette observation, nous n'avons pas obtenu des données à analyser suffisamment. Cette observation vise à savoir la situation de circulation, le caractère de temps d'attente, la ponctualité de fréquence, la condition dans le bus et la condition des montées et des descentes.

Le contenu de l'observation est ci-dessous.

- lieu d'enquête, le temps
- Heure d'arrivée et départ
- intervalle d'arrivées
- Remplissage (quatre niveaux)
- Micro actions
- Remarque

La feuille pour l'observation est comme ci-dessous.

Date
-Heure
-Lieu
-Direction
-Equipement/Information voyageurs
-Heure d'arrivée - -h - -m - -s
-Heure de départ
-Remplissage (capacité de 100 personnes)
1. moins de 40
2. plus de 40
3. moins de 40
4. plus de 100
-Conditions de descente ou de montée (bousculade, blocage)

En ce qui concerne le niveau de remplissage, nous avons défini 4 niveaux, il y a eu une difficulté pour l'énumération de nombre de voyageurs, on les a modifiés à

1. places assises bien disponibles,
2. 2. bien assis et un peu de debout,
3. 3. bien debout,
4. 4. étranglé.

Dans cette observation, il y a eu deux majeures fautes. C'est-à-dire, on n'a pas observé des numéros de l'immatriculation. C'est indispensable pour obtenir des caractères du flux de bus. En plus, avant d'observation, l'ajustement des montres de tous les observateurs est un principal. Et pour mieux traiter des données, il faut enregistrer non seulement l'heure et la minute, mais la seconde.

Au moins, il faut inscrire des données de contenu de l'observation ci-dessous.

En plus, une analyse sur la relation entre les nombres de descentes et de montées et le temps d'arrêts est bien conseillée.

Date
- l'arrêt de bus
-Direction de bus
-Heure d'arrivée - -h - -m - -s
-Heure de départ - -h - -m - -s
-(Temps de l'arrêt)
-(Intervalle des arrivées de bus)
-Le numéro d'immatriculation
-Equipement/Information voyageurs
-Remplissage (capacité de 100 personnes)
1. places assises libres bien disponibles
2. bien assis et un peu de debout
3. bien debout
4. étranglé.
-Nombre de descentes
-Nombre de montées
-Conditions de descente ou de montée (bousculade, blocage)
- autres remarques

Le résultat de l'observation

Par l'observation le 21 juin 2006, de PC2, départ de Porte d'Ivry 13h49, et départ de Porte de la Villette 14h41, sous la condition sans perturbation importante de circulation, le temps de parcours de PC2 est environ 45 minutes (Fig.1) pour 12,6km entre Porte d'Ivry et Porte de la Villette. Et les temps pour les arrêts sont de 12m50s pour PC2 de Porte d'Ivry à la Porte de la Villette, et de 8m43s pour la Porte d'Ivry à la Porte de la Villette. Donc, le temps de parcours sauf le temps des arrêts, est environ 35 minutes tous les deux sens sous la condition sans embouteillage.

Figure 19: Temps parcours sans perturbation importante

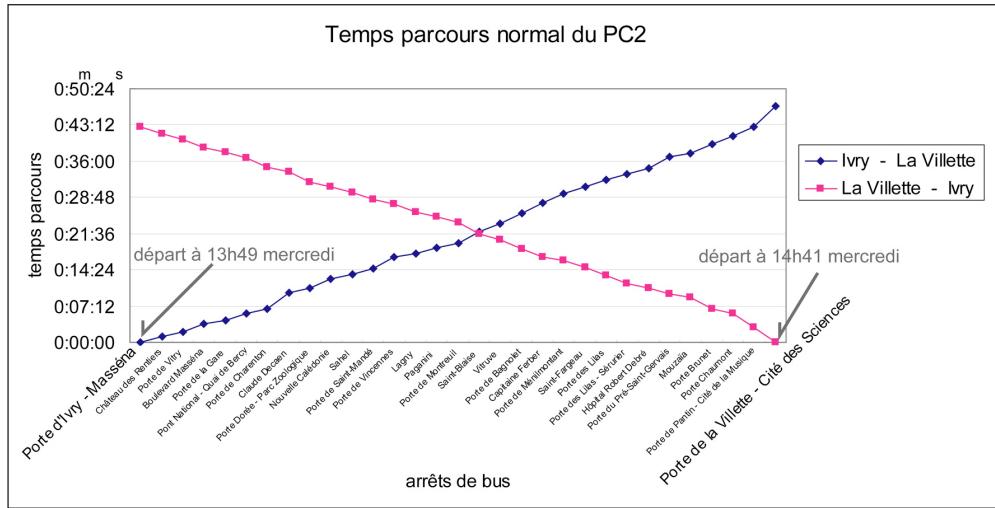
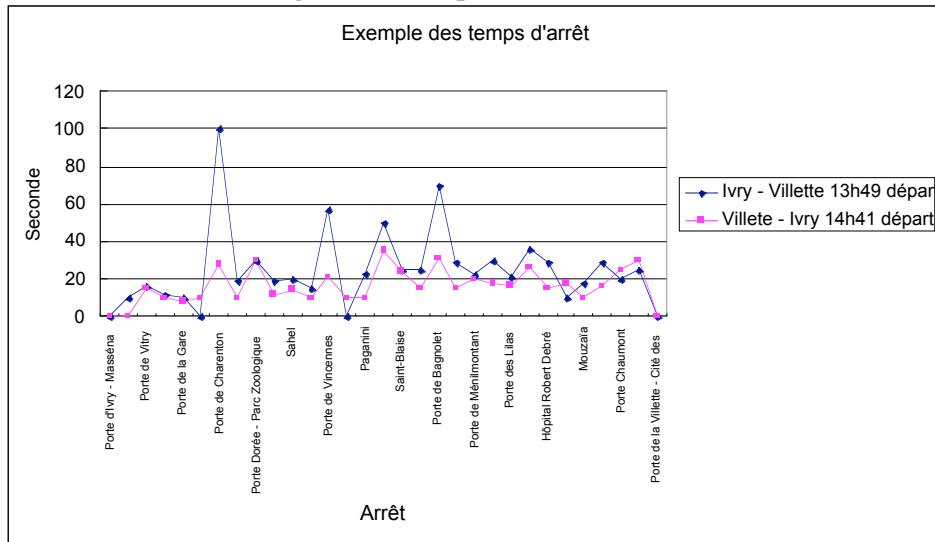


Figure 20: Temps d'arrêts en PC2

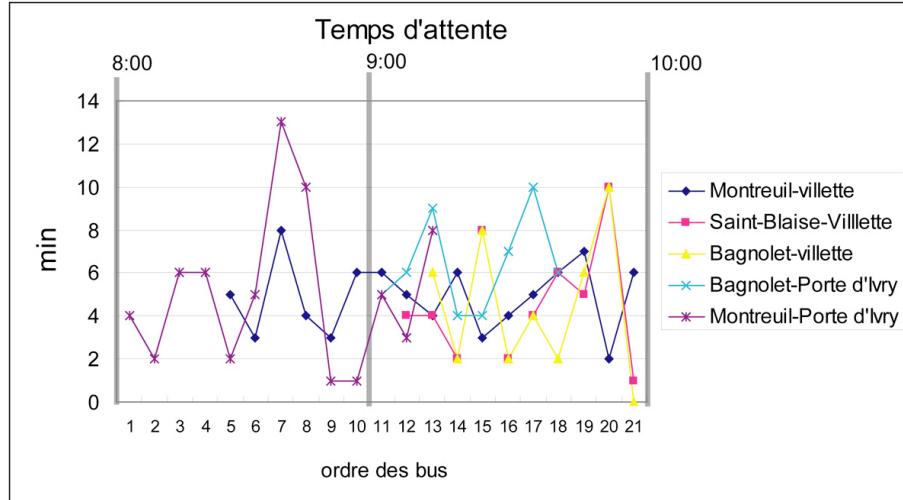


Le temps d'arrêt dépend fortement de nombre de descentes et de montées. Si on regarde la figure ci-dessous, le temps d'arrêt est normalement entre 10s et 40s (Fig.2). S'il y a beaucoup de monde qui descend et monte, le temps d'arrêt augmente. (Sur la figure, on a observé 100s du temps d'arrêt, ce n'est pas à cause de la quantité de voyageur, mais c'est à cause d'une raison opération du bus.)

Il y a plusieurs arrêts dans une ligne de bus, donc le temps d'arrêt joue un rôle très important pour le temps de trajet.

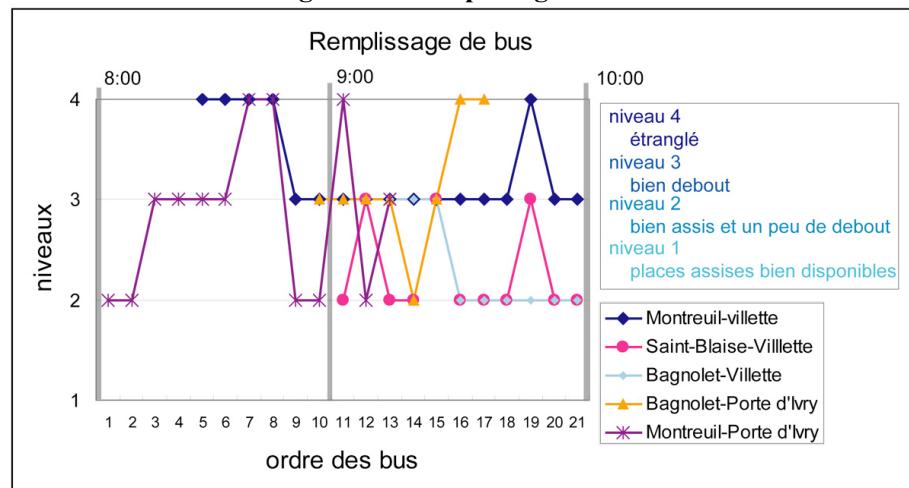
D'ici, on présente le résultat de l'observation le 2 juin 2006 à l'heure de pointe du matin.

Figure 21: Temps d'intervalle d'arrivées de bus aux arrêts



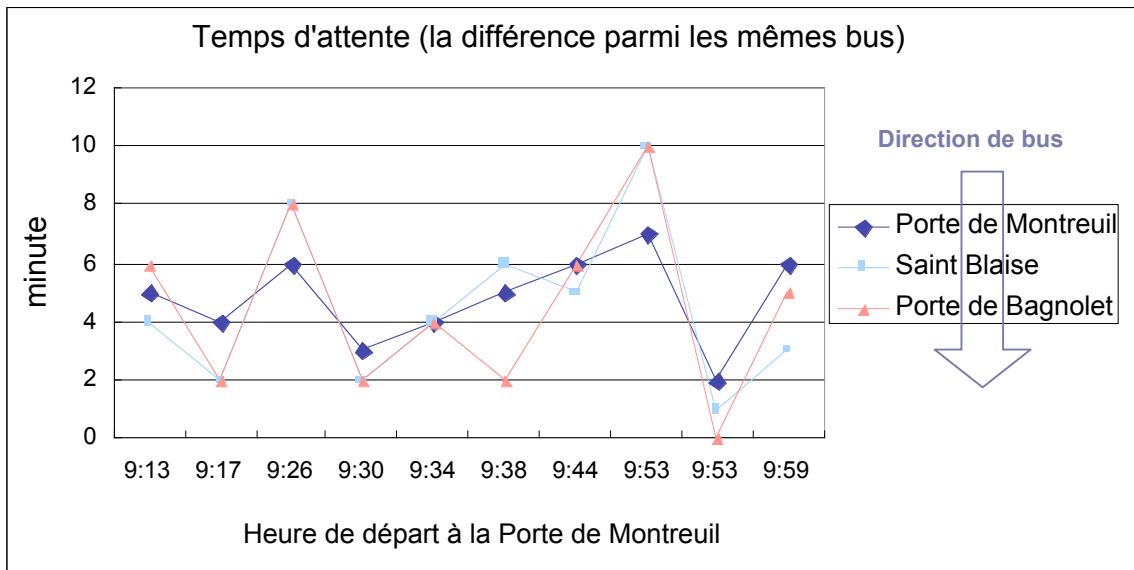
On a observé plusieurs fois de plus de 10 minutes d'intervalle. Le temps d'intervalle moyen est environ 5 minutes. Mais à cause de la perturbation de circulation, Le temps d'intervalle est varié.

Figure 22: Remplissage de bus



En ce qui concerne au remplissage, on a bien observé des bus en plein. Mais On ne peut pas dire que PC2 est saturé à ce jour là.

Figure 23: Temps d'intervalle du même bus, la différence parmi 3 arrêts.



Il y a des différences de temps d'un même bus parmi les 3 arrêts comme le Fig.3 indique.

Les causes de différence de temps d'attente pour le même bus aux arrêts sont considérées comme les éléments suivants.

1. Embouteillage à cause de stationnement en site propre,
2. Le bus doit utiliser le site banal dans le cas de stationnement en site propre,
3. Embouteillage aux carrefours
4. Les feux
5. Le temps aux arrêts

Même PC2 utilise des sites propres, il y a pas mal de véhicules qui y stationnent. En plus des perturbations dans les carrefours génèrent aussi des retards. Quant à la structure de sites propre de PC2, il y a un problème critique. Parce qu'ils allongent le long d'allées. C'est-à-dire il faut permettre le stationnement pour la livraison etc. Pour la ponctualité de fréquence, il faut résoudre ce problème.

Une autre notion importante qui doit être prise en compte c'est quelques observations qualitatives des usagers, par exemple, les poussettes et les personnes à mobilité réduite font presque doubler le temps d'arrêt des bus, cela peut paraître négligeable pour un arrêt, où la différence de temps serait de 1 minute au lieu de 30 secondes mais si l'on pense à toute la ligne, cela signifie une différence de temps de parcours non négligeable. Une autre remarque importante est que 'information sur les

prochains bus afficher sur le créneau à l'arrêt améliore la qualité de service, plusieurs personnes arrivent, regardent combien de temps manque pour le passage du prochain bus et soit vont à pied si leurs parcours en PC2 est assez court (1 ou 2 arrêts) soit ils vont au magasin acheter quelque chose et reviennent après.

CONCLUSION

Ce projet nous montre que pour introduire le thème Développement Durable dans le débat public pour la réalisation d'un tramway en substitution à une ligne de bus existante, il faut tout d'abord prendre en compte toute l'analyse du cycle de vie des systèmes de transport considérés. Cela nous permet de voir que souvent le thème de Développement Durable n'est pris en compte qu'en pensant à la phase d'exploitation d'un mode et que l'on oublie que la phase de construction est aussi très importante, surtout dans le cas du tramway dont la construction dure plusieurs années avec une interruption des voies et une création d'embouteillages qui sont causes d'une augmentation des émissions des GES et d'une perte de temps pour les usagers.

Un autre fait très important à être pris en compte est celui de comparer un système de bus qui pourrait marcher mieux, comme on a pu voir avec notre enquête, avec une ligne de tramway hypothétique qui marche bien.

Notre enquête a été une pré-enquête et peut-être biaisée mais nous a permis de voir qu'il y a des usagers qui font le parcours banlieue-banlieue et qui passent par Paris car la banlieue est peut-être mal desservi en transport public, le maillage fait en doigt de gants ne permet pas une autre alternative à ces usagers. Cela nous mène à une troisième solution qui est celle de penser à une étude détaillée des déplacements et voir si la solution ne serait pas d'améliorer le maillage dans les alentours de Paris, plutôt que de mettre un tramway au lieu d'un bus qui en effet ne change rien en termes de maillage.

Notre enquête nous a permis aussi de voir que beaucoup d'usagers du PC2 ne savent même pas qu'il existe un projet pour l'extension du tramway en substitution au bus qu'ils prennent tous les jours. Ceci permet de penser que les projets ne sont pas discutés avec les intéressés, le débat public a lieu après l'approbation du projet, du point de vue de la démocratie participative, ce serait une espèce de concertation alibi. Une tentative de pousser un choix aux gens.

Donc, pour aider ceux qui décident à faire un choix de mode de transport il faudrait d'abord chercher quels sont les véritables problèmes, faire une enquête détaillée des déplacements et en suite choisir le mode en évaluant sa durabilité.

BIBLIOGRAPHIE

- <http://www.colas-cst.com/documents/publications/2003.pdf>
Ecology Profile of the German High-Speed Rail Passenger Transport System, ICE,
<http://www.scientificjournals.com/sj/lca/abstract/ArtikelId/5676>
http://213.175.14.12/main/facciamo/amm_llpp/dirgen/dicoter/reti/ponte_stretto/rapporti/final_report.html
- Stratégie de développement durable 2001 2003 transports Canada
<http://www.areneidf.com/arene/devdurables.html>
- <http://www.sustainable-cities.org>(texte de la Charte en français)
- <http://unfccc.int>
- <http://www.sometjohannesburg.org>
- Dossier du débat public Extension du Tramway (T3) à Paris*, Mairie de Paris, Région Ile-de-France, RATP, STIF
- Cahier d'acteurs n°1- n°14*
- Observation de cahier d'acteur n°1- n°13*
- www.debatpublic-extensiontramparis.org
- www.tramway.paris.fr
- <http://www.bhns.fr/>
- http://extension-reseau.ratp.fr/recherche_par_projet.html
- <http://www.transports.equipement.gouv.fr/frontoffice/visupdoc.jsp?id=910&t=1>
- « Le trolleybus, un moyen de transport durable et performant, quand on le crédite du coût des nuisances évitées », ADTC – janvier 2005
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Trolleybus>
- http://www.transbus.org/construc/renault_agora.html
- SIEL (Système d'Information sur l'Exploitation de la Ligne)
- UFR (Usager en Fauteuil Roulant)
- Source :
- http://www.debatdeplacements.paris.fr/documentation/telechargement/PDP_Bilan_2004/PDP_Bilan_2004_1-15.pdf
- Transport et Développement Durable : Le Tramway des Maréchaux Sud(TMS), Juin 2004, Encadrant : Gilles Crague
- Le magazine en ligne de la Gaz de France : <http://gazdecouvertes.gazdefrance.com>;
- Pour un trolleybus moderne dans l'agglomération grenobloise ADTC – janvier 2005 ;

Développement soutenable et valorisation des externalités environnementales des transports. JACQUES STAMBOULI LABORATOIRE MOBILITES, RESEAUX, TERRITOIRES, ENVIRONNEMENTS ;

Energie Environnement en Lorraine CHIFFRES CLES 1990 – 1997 : Production, Consommation d'énergie, Polluants atmosphériques et effet de serre. Par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME Lorraine)
<http://www.ademe.fr/>

Réseau Action Climat France <http://www.rac-f.org/>

<http://www.sfen.org/fr/societe/developpement/sommaire.htm>

Mission interministérielle de l'Effet de Serre, <http://www.effet-de-serre.gouv.fr/>

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, <http://www.lsce.cea.fr/>

Programme de recherches de l'Agence Internationale de l'Energie sur les gaz à effet de serre : <http://www.ieagreen.org.uk/>

Site officiel d'information sur le tramway de Maréchaux à Paris,
<http://www.tramway.paris.fr/>, accédé en juin 2006

Ministère de transport japonais, LRT workshop'97, 1997

Site officiel d'Alstom, <http://www.alstom.com/home/> accédé en juin 2006

Site officiel de Bombardier, <http://bombardier.com/index.jsp> accédé en juin 2006

Site officiel de Irisbus, <http://www.irisbus.com/> accédé en juin 2006

Rail 21, <http://perso.wanadoo.fr/florent.brisou/Intro.htm>, accédé en juin 2006

Trans'bus, <http://www.transbus.org/>, accédé en juin 2006